

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

LAYSE DO PRADO CORDOBA

CARACTERIZAÇÃO DA FARINHA E AMIDO DE TRIGO SARRACENO (*Fagopyrum
esculentum*) E DESENVOLVIMENTO DE PÃO SEM GLÚTEN.

CURITIBA

2019

LAYSE DO PRADO CORDOBA

CARACTERIZAÇÃO DA FARINHA E AMIDO DE TRIGO SARRACENO (*Fagopyrum
esculentum*) E DESENVOLVIMENTO DE PÃO SEM GLÚTEN

Tese apresentada como requisito parcial à
obtenção do grau de Doutor em Engenharia de
Alimentos, no curso de Pós-Graduação em
Engenharia de Alimentos, Setor de Tecnologia, da
Universidade Federal do Paraná.

Orientador: Profa. Dra. Nina Waszczynskyj
Co-orientador: Prof. Dr. Egon Schnitzler

CURITIBA

2019

Catálogo na Fonte: Sistema de Bibliotecas, UFPR
Biblioteca de Ciência e Tecnologia

C796c

Cordoba, Layse do Prado

Caracterização da farinha e amido de trigo sarraceno (*Fagopyrum esculentum*) e desenvolvimento de pão sem glúten [recurso eletrônico] /Layse do Prado Cordoba. – Curitiba, 2019.

Tese - Universidade Federal do Paraná, Setor de Tecnologia, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Alimentos, 2019.

Orientador: Nina Schnitzler. Coorientador: Egon Schnitzler.

1. Farinha de trigo sarraceno. 2. Amido. 3. Farinha de arroz. 4. Análise térmica. I. Universidade Federal do Paraná. II. Schnitzler, Nina. III. Schnitzler, Egon. IV. Título.

CDD: 664.72272

Bibliotecária: Vanusa Maciel CRB- 9/1928



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SETOR DE TECNOLOGIA
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO ENGENHARIA DE
ALIMENTOS - 40001016019P6

TERMO DE APROVAÇÃO

Os membros da Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em ENGENHARIA DE ALIMENTOS da Universidade Federal do Paraná foram convocados para realizar a arguição da tese de Doutorado de **LAYSE DO PRADO CORDOBA** intitulada: **CARACTERIZAÇÃO DA FARINHA E AMIDO DE TRIGO SARRACENO (*Fagopyrum esculentum*) E DESENVOLVIMENTO DE PÃO SEM GLÚTEN**, sob orientação da Profa. Dra. NINA WASZCZYNSKYJ, que após terem inquirido a aluna e realizada a avaliação do trabalho, são de parecer pela sua APROVAÇÃO no rito de defesa.

A outorga do título de doutor está sujeita à homologação pelo colegiado, ao atendimento de todas as indicações e correções solicitadas pela banca e ao pleno atendimento das demandas regimentais do Programa de Pós-Graduação.

CURITIBA, 22 de Outubro de 2019.

NINA WASZCZYNSKYJ
Presidente da Banca Examinadora

FÁBIO SEIGI MURAKAMI
Avaliador Externo (UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ)

ROSSANA CATIE BUENO DE GODOY
Avaliador Externo (EMBRAPA FLORESTA)

LUCIMARA MACH CORTES CORDEIRO
Avaliador Externo (UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ)

AGNES DE PAULA SCHEER
Avaliador Interno (UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ)

Dedico essa tese a minha amada mãe Marly do Prado Verde.

AGRADECIMENTO

Antes de qualquer coisa, agradeço a Deus, meu Senhor, por ter me sustentado em todos os momentos até aqui. Ter me dado força em meio às lutas e ser o motivo da minha alegria e esperança dia após dia.

À minha mãe Marly do Prado Verde, por ser minha maior apoiadora e amiga, por sempre acreditar em mim, desde a pré-escola, sendo meu maior exemplo de professora.

À minha irmã Nicolly do Prado Cordoba pela amizade, conselhos e apoio sempre.

À minha orientadora, Professora Doutora Nina Waszczynskyj, por toda sabedoria e conhecimento transmitido a mim durante esses anos. Por ser um grande exemplo de mulher, professora e pesquisadora. Pela paciência e ajuda em todos os momentos do desenvolvimento desta pesquisa.

À minha irmã científica e amiga querida, Daiane Gomes, por dividir comigo todas as lutas e vitórias, desde antes do doutorado.

Ao colega Paulo Ricardo Los pela ajuda na estatística da análise sensorial.

A empresa Protecta LTDA pela doação dos grãos do trigo sarraceno.

A empresa Granolab pela realização das análises das misturas das farinhas.

A empresa Evonik Degussa Brasil Ltda. pela análise de aminoácidos dos grãos de arroz e trigo sarraceno.

Ao Professor André Maurício Brinatti e aluna Janaína Schardosin, do Departamento de Física da UEPG pela disponibilidade em emprestar o equipamento de Ultrassom.

Ao Laboratório de Difractometria e espalhamento de raios X, Departamento de Física da UFPR, pelo auxílio nas análises de Raios X.

Ao Centro de Microscopia Eletrônica (CME) da UFPR pela análise de Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV).

À técnica de laboratório Grazielli da Rocha, do Laboratório FTIR do Departamento de Química da UFPR, pela disponibilidade em me ajudar com a análise de FTIR.

E a Capes pelo apoio financeiro, possibilitando a execução desta pesquisa e de tantas outras pelo Brasil.

***“Sê forte e corajoso; não temas, nem te espantes, porque o SENHOR,
teu Deus, é contigo por onde quer que andares.”
Josué 1:9***

RESUMO GERAL

O trigo sarraceno é um pseudocereal produzido no Brasil, mas é pouco consumido pelos brasileiros, devido à falta de conhecimento sobre este grão. Possui grande quantidade de amido e componentes nutricionais interessantes, como aminoácidos essenciais, compostos fenólicos, antioxidantes. Este trabalho teve como objetivo caracterizar a farinha (FTS) e o amido do trigo sarraceno (ATS) e a farinha de arroz (FA), misturar esses três componentes por meio do Delineamento de Misturas em diferentes proporções, caracterizar essas farinhas mistas e desenvolver assim 9 formulações de pães sem glúten. Produziu-se as farinhas de trigo sarraceno (FTS) e arroz (FA) em laboratório moendo os grãos, já o amido (ATS) foi extraído da farinha de trigo sarraceno, estes foram avaliados por análises físico-químicas (análise de aminoácidos, compostos fenólicos e antioxidantes), análises térmicas (DSC e TG), microscopia eletrônica de varredura (MEV), análise de raios X (DRX) e propriedades de pasta (RVA). A mistura de FA, FTS e ATS foram feitas a partir de um delineamento de misturas do tipo simplex-centroíde, foram estabelecidos os limites mínimos e máximos: 50 e 70 % para FA, 10 e 30 % para FTS, 20 e 40 % para ATS. As misturas foram caracterizadas por colorimetria, granulometria, atividade de água e número de queda. Observou-se que a farinha mista de cor mais escura (mais distantes de 100 que representa a cor branca), era a que possuía maiores teores de FTS, além de apresentar também maiores granulometrias. Para a elaboração dos pães sem glúten foram utilizadas as misturas das farinhas desenvolvidas com a FA, FTS E ATS. Os pães foram analisados em seu volume específicos, colorimetria, análise de textura, análise microbiológica e por meio da análise sensorial. Por meio da análise sensorial, verificou-se a formulação com maior aceitação e intenção de compra pelos consumidores, foi estabelecido o perfil sensorial das amostras de pães por meio da análise de Perfil Livre. Constatando um pão por parte dos provadores, com aparência de integral, macio, distribuição homogênea dos alvéolos do miolo. Os pães apresentaram grande aprovação por parte dos 124 provadores, com 93,55 % dos provadores apresentando intenção de compra. Realizou-se também uma pesquisa de consumo com 959 pessoas de diferentes cidades e estados, a fim de se obter informações sobre o perfil do consumidor desse tipo de produto, tendo uma representatividade de 149 participantes celíacos. Com essa pesquisa obteve-se que 78,6 % dos participantes afirmaram que o produto que mais consomem ou comprariam sem glúten é o pão, demonstrando assim o interesse no produto desenvolvido.

Palavras-chave: trigo sarraceno, pão sem glúten, análise térmica, análise sensorial, perfil livre, delineamento de misturas.

ABSTRACT

Buckwheat is a pseudocereal produced in Brazil, but is little consumed by Brazilians due to lack of knowledge about this grain. It has large amounts of starch and interesting nutritional components, such as essential amino acids, phenolic compounds, antioxidants. The objective of this study was to characterize the buckwheat flour (FTS), buckwheat starch (ATS) and rice flour (FA), to mix these three components by means of the Mixture Design in different proportions, to characterize these mixed flours and to develop 9 formulations of gluten-free breads. The buckwheat (FTS) and rice (FA) flours were produced in the laboratory by milling the grains, while the buckwheat starch (ATS) was extracted from the buckwheat flour. These were evaluated by physicochemical analysis (amino acid analysis, phenolic compounds and antioxidants), thermal analysis (DSC and TG). Scanning electron microscopy (SEM), X-ray analysis (XRD) and Pasting properties (RVA). The mixtures of FA, FTS and ATS were made from a simplex-centroid design, minimum and maximum limits were: 50 and 70 % for FA, 10 and 30 % for FTS, 20 and 40 % for ATS. The mixtures were characterized by colorimetry, granulometry, water activity and falling number. It was observed that the darker colored mixed flour (more distant than 100 that represent the white color), was the one that had higher FTS contents, besides to presenting also bigger granulometries. For the preparation of the gluten-free breads, the mixed flours developed with FA, FTS and ATS were used. The breads were analyzed in their specific volume, colorimetry, texture analysis, microbiological and sensorial analysis. Through the sensorial analysis, the formulation with greater Acceptance and Purchase intention by the consumers was verified, the sensorial profile of the bread samples was established through the analysis of Free choice profiling. The tasters rated gluten-free bread with an integral appearance, soft and homogeneous distribution of the bread crumb structures. Breads showed great approval by the 124 tasters, with 93.55 % of the tasters presenting purchase intent. A consumer research was conducted with 959 people from different cities and states of Brazil, in order to obtain information on the profile of the consumer of this type of product, with a representation of 149 celiac participants, thus knowing the opinions and expectations of consumers about this type of product. With this research it was found that 78.6 % of participants stated that the product they most consume or would buy without gluten is bread, thus demonstrating the interest in the product developed.

Keywords: buckwheat, gluten-free bread, thermal analysis, sensory analysis, free choice profiling, mixture design.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

REVISÃO DE LITERATURA

FIGURA 1 - PRODUÇÃO MUNDIAL DE TRIGO SARRACENO (2000-2014).....	31
FIGURA 2 - PAÍSES DE MAIOR PRODUÇÃO DE TRIGO SARRACENO (2000- 2014).	31
FIGURA 3 - PRODUÇÃO DE TRIGO SARRACENO COMUM NO BRASIL (1961- 2014).	32
FIGURA 4 - REGIÕES GEOGRÁFICAS DO ESTADO DO PARANÁ, DESTACANDO AS CIDADES DE MAIOR PRODUÇÃO DO TRIGO SARRACENO.....	32
FIGURA 5 - ESTRUTURA DO TRIGO SARRACENO.	33
FIGURA 6 - FLORES DO TRIGO SARRACENO.....	34
FIGURA 7 - FRUTO DO TRIGO SARRACENO NA PLANTA.	34
FIGURA 8 - DIFERENTES FORMAS DO FRUTO DO TRIGO SARRACENO: (A) COM CASCA E (B) DESCASCADO.	35
FIGURA 9 - ESTRUTURA DA AMIOLOSE	38
FIGURA 10 - ESTRUTURA DA AMIOPECTINA	39
FIGURA 11 - DISPOSIÇÃO DAS ZONAS CRISTALINAS E AMORFAS DO AMIDO OBSERVADO POR MICROSCOPIA DE FORÇA ATÔMICA (AFM).	40
FIGURA 12 - OBSERVAÇÃO SOB LUZ NORMAL E POLARIZADA DOS GRÂNULOS DE AMIDO DE MILHO NATIVO E AQUECIDO A 65 °C. ...	43
FIGURA 13 - SISTEMA DE COORDENADAS TRILINEAR.	53
FIGURA 14 - ESPAÇO EXPERIMENTAL RESTRITO REPRESENTANDO MISTURAS COM 3 COMPONENTES.	53
FIGURA 15 - SUB-REGIÃO DO ESPAÇO EXPERIMENTAL.	54
FIGURA 16 - EXEMPLO DEPLANEJAMENTO SIMPLEX LATTICE (a) E SIMPLEX CENTRÓIDE (b).	54
FIGURA 17 - REPRESENTAÇÃO ESQUEMÁTICA DAS CURVAS OBTIDAS EM DIFERENTES ANÁLISES TÉRMICAS.....	57
FIGURA 18 - CURVA GENÉRICA OBTIDA POR DSC, REPRESENTANDO VÁRIOS TIPOS DE TRANSIÇÃO.	58

FIGURA 19 - DADOS OBTIDOS POR MEIO DO DSC PARA GELATINIZAÇÃO DO AMIDO.	58
FIGURA 20 - CURVA PADRÃO DE DECOMPOSIÇÃO TÉRMICA DE UM MATERIAL.	59
FIGURA 21 - CURVA RVA TÍPICA OBTIDA NA ANÁLISE DE AMIDO, NESTE CASO, AMIDO DE MILHO.	60

EXPERIMENTO 1

FIGURA 22 - GRÃOS DE TRIGO SARRACENO DESCASCADO	68
FIGURA 23 - REPRESENTAÇÃO DOS GRÃOS DO TRIGO SARRACENO, COM E SEM CASCA.	74
FIGURA 24 - CURVAS DA TERMOGRAVIMETRIA (TG/DTG) DAS AMOSTRAS: (a) AMIDO DE TRIGO SARRACENO, FARINHA DE (b) TRIGO SARRACENO E (c) ARROZ.....	82
FIGURA 25 - CURVAS OBTIDOS PELA CALORIMETRIA EXPLORATÓRIA DIFERENCIAL (DSC) DAS AMOSTRAS: (a) AMIDO DE TRIGO SARRACENO, FARINHA DE (b) TRIGO SARRACENO E (c) ARROZ..	84
FIGURA 26 - CURVAS DE PROPRIEDADE DE PASTA (RVA) OBTIDAS PARA O AMIDO E FARINHA DE TRIGO SARRACENO E FARINHA DE ARROZ.....	85
FIGURA 27 - DIFRATOGRAMAS DE RAIOS X DAS AMOSTRAS: (a) AMIDO DE TRIGO SARRACENO, FARINHA DE (b) TRIGO SARRACENO E (c) ARROZ.....	88
FIGURA 28 - CURVAS FTIR DAS AMOSTRAS: (a) AMIDO DE TRIGO SARRACENO, FARINHA DE (b) TRIGO SARRACENO E (c) ARROZ..	90
FIGURA 29 - MORFOLOGIA DO GRÃO DO TRIGO SARRACENO OBSERVADA POR MEV EM DIFERENTES AMPLIAÇÕES.....	91
FIGURA 30 - IMAGENS DA ESTRUTURA DO AMIDO DO TRIGO SARRACENO (a), FARINHA DE TRIGO SARRACENO (b) E FARINHA DE ARROZ (c).	92

EXPERIMENTO 2

FIGURA 31 - SUPERFÍCIE DE RESPOSTA E GRÁFICO DE PARETO PARA A RESPOSTA DA ANÁLISE GRANULOMÉTRICA NA MALHA DE 30 MESH.....	108
FIGURA 32 - SUPERFÍCIE DE RESPOSTA E GRÁFICO DE PARETO PARA A RESPOSTA DA ANÁLISE GRANULOMÉTRICA NA MALHA DE 80 MESH.....	108
FIGURA 33 - SUPERFÍCIE DE RESPOSTA E GRÁFICO DE PARETO PARA A RESPOSTA DA ANÁLISE GRANULOMÉTRICA NA MALHA DE 100 MESH.....	109
FIGURA 34 - SUPERFÍCIE DE RESPOSTA E GRÁFICO DE PARETO PARA A RESPOSTA DA ANÁLISE DE COLORIMETRIA - CROMA b*.....	112

EXPERIMENTO 3

FIGURA 35 - FICHA PARA A SELEÇÃO PRELIMINAR DE PROVADORES UTILIZANDO TESTE TRIANGULAR.	129
FIGURA 36 - FICHA PARA LEVANTAMENTO DOS ATRIBUTOS.....	130
FIGURA 37 - FICHA UTILIZADA NO TESTE DE PERFIL LIVRE.....	130
FIGURA 38 - FICHA UTILIZADA NO TESTE DE ACEITAÇÃO.	133
FIGURA 39 - PESQUISA DE CONSUMO.....	134
FIGURA 40 - FICHA DO TESTE DE INTENÇÃO DE COMPRA.....	135
FIGURA 41 - FOTOS DOS PÃES DESENVOLVIDOS	136
FIGURA 42 - SUPERFÍCIE DE RESPOSTA E GRÁFICO DE PARETO DO PARÂMETRO b* DA CROSTA DOS PÃES SEM GLÚTEN DESENVOLVIDOS.....	141
FIGURA 43 - SUPERFÍCIE DE RESPOSTA E GRÁFICO DE PARETO DO PARÂMETRO b* DO MIOLO DOS PÃES SEM GLÚTEN DESENVOLVIDOS.....	142
FIGURA 44 - SUPERFÍCIE DE RESPOSTA E GRÁFICO DE PARETO PARA A DUREZA 1º CICLO (1 DIA DE ARMAZENAMENTO)	146
FIGURA 45 - SUPERFÍCIE DE RESPOSTA E GRÁFICO DE PARETO PARA A DUREZA 2º CICLO (1 DIA DE ARMAZENAMENTO)	146
FIGURA 46 - SUPERFÍCIE DE RESPOSTA E GRÁFICO DE PARETO PARA A ELASTICIDADE (1 DIA DE ARMAZENAMENTO)	147

FIGURA 47 - SUPERFÍCIE DE RESPOSTA E GRÁFICO DE PARETO PARA A MASTIGABILIDADE (1 DIA DE ARMAZENAMENTO).....	147
FIGURA 48 - LOCALIZAÇÃO DOS 959 PARTICIPANTES DA PESQUISA DE CONSUMO.....	150
FIGURA 49 - GRÁFICO PERCENTUAL QUANTO AO SEXO DOS PARTICIPANTES DA PESQUISA.....	150
FIGURA 50 - GRÁFICO PERCENTUAL QUANTO A IDADE DOS PARTICIPANTES DA PESQUISA.....	151
FIGURA 51 - GRÁFICO PERCENTUAL QUANTO A COR DA PELE DOS PARTICIPANTES DA PESQUISA.....	151
FIGURA 52 - GRÁFICO PERCENTUAL QUANTO AO ESTADO CIVIL DOS PARTICIPANTES DA PESQUISA.....	151
FIGURA 53 - GRÁFICO PERCENTUAL QUANTO A ESCOLARIDADE DOS PARTICIPANTES DA PESQUISA.....	152
FIGURA 54 - GRÁFICO PERCENTUAL QUANTO A RENDA FAMILIAR DOS PARTICIPANTES DA PESQUISA.....	152
FIGURA 55 - GRÁFICO PERCENTUAL QUANTO AO CONHECIMENTO SOBRE O GLÚTEN DOS PARTICIPANTES DA PESQUISA.	153
FIGURA 56 - GRÁFICO PERCENTUAL QUANTO A QUANTIDADE DE CELÍACOS PARTICIPANTES DA PESQUISA.....	153
FIGURA 57 - GRÁFICO PERCENTUAL QUANTO A DESCONFORTO AO CONSUMIR GLÚTEN DECLARADO PELOS PARTICIPANTES DA PESQUISA.	154
FIGURA 58 - GRÁFICO PERCENTUAL QUANTO A FREQUÊNCIA DE CONSUMO DE GLÚTEN PELOS PARTICIPANTES DA PESQUISA..	154
FIGURA 59 - GRÁFICO PERCENTUAL QUANTO AO CONHECIMENTO DE “ALGUÉM QUE SE SINTA DESCONFORTÁVEL OU NÃO POSSA CONSUMIR GLÚTEN” PELOS PARTICIPANTES DA PESQUISA.....	155
FIGURA 60 - GRÁFICO PERCENTUAL QUANTO AO INTERESSE EM CONSUMIR/COMPRAR PRODUTOS SEM GLÚTEN PELOS PARTICIPANTES DA PESQUISA.....	155
FIGURA 61 - PRINCIPAIS PRODUTOS CITADOS PELOS PARTICIPANTES DA PESQUISA COMO PRODUTOS CONSUMIDOS/COMPRADOS SEM GLÚTEN.	156

FIGURA 62 - GRÁFICO PERCENTUAL QUANTO AO COSTUME DE CONSUMO DE PRODUTOS INTEGRAIS OU FUNCIONAIS PELOS PARTICIPANTES DA PESQUISA.....	156
FIGURA 63 - GRÁFICO PERCENTUAL QUANTO A OPINIÃO DOS PARTICIPANTES DA PESQUISA SOBRE O CUSTO DOS PRODUTOS SEM GLÚTEN.....	157
FIGURA 64 - GRÁFICO PERCENTUAL QUANTO AO HÁBITO DOS PARTICIPANTES DA PESQUISA SOBRE LER O RÓTULO DOS PRODUTOS.....	157
FIGURA 65 - PRINCIPAIS RESPOSTAS DOS PARTICIPANTES DA PESQUISA SOBRE O QUE CONSIDERAM EM UM PÃO, NO ATO DA COMPRA.....	158
FIGURA 66 - PONTUAÇÃO DA AVALIAÇÃO PARA CADA FORMULAÇÃO DE PÃO SEM GLÚTEN PARA OS ATRIBUTOS: COR, SABOR, TEXTURA E ACEITAÇÃO GLOBAL.	159
FIGURA 67 - MAPA DE PREFERÊNCIA INTERNO MOSTRANDO A TENDÊNCIA DE ACEITAÇÃO DE CONSUMIDORES QUANTO À ACEITAÇÃO GLOBAL DAS 9 FORMULAÇÕES DE PÃES SEM GLÚTEN.....	160
FIGURA 68 - INTENÇÃO DE COMPRA QUANTO O PÃO ELABORADO COM TRIGO SARRACENO	161
FIGURA 69 - RESÍDUOS DAS FORMULAÇÕES	162
FIGURA 70 - RESÍDUOS DOS PROVADORES	164
FIGURA 71 - FATORES ISOTRÓPICOS.....	165
FIGURA 72 - PERFIL DAS 9 FORMULAÇÕES PÃES SEM GLÚTEN DE TRIGO SARRACENO DESENVOLVIDAS	165
FIGURA 73 - GRÁFICO RADIAL DO PERFIL SENSORIAL DAS 9 FORMULAÇÕES DE PÃES SEM GLÚTEN DETERMINADOS POR ANÁLISE DE PERFIL LIVRE.	166

LISTA DE QUADROS

REVISÃO DE LITERATURA

QUADRO 1 - COMPOSIÇÃO FÍSICO-QUÍMICA E QUANTIFICAÇÃO DE COMPONENTES DO GRÃO DO TRIGO SARRACENO.	36
QUADRO 2- ALGUNS PRODUTOS DE PANIFICAÇÃO SEM GLÚTEN DESENVOLVIDOS.....	49
QUADRO 3 - ARTIGOS ONDE FORAM DESENVOLVIDOS PRODUTOS COM TRIGO SARRACENO.	52

EXPERIMENTO 3

QUADRO 4 - PADRÕES ESTABELECIDOS PELA RESOLUÇÃO - RDC Nº 12, DE 02 DE JANEIRO DE 2001 PARA AMIDOS E FARINHAS.....	127
--	-----

LISTA DE TABELAS

EXPERIMENTO 1

TABELA 1 - COMPOSIÇÃO CENTESIMAL DAS FARINHAS EM BASE ÚMIDA.	75
TABELA 2 - PERFIL DE AMINOÁCIDOS DA FARINHA DE ARROZ E DE TRIGO SARRACENO	77
TABELA 3 - OUTROS TRABALHOS COM A QUANTIFICAÇÃO DOS AMINOÁCIDOS DO TRIGO SARRACENO.	79
TABELA 4 - QUANTIFICAÇÃO DE COMPOSTOS FENÓLICOS TOTAIS DAS AMOSTRAS DE AMIDO DE TRIGO SARRACENO, FARINHA DETRIGO SARRACENO E FARINHA DEARROZ.....	79
TABELA 5 - ANÁLISES DE ATIVIDADE ANTIOXIDANTE NA AMOSTRA DE TRIGO SARRACENO PELOS MÉTODOS DE DPPH, FRAP E ABTS.....	80
TABELA 6 - RESULTADOS DA TERMOGRAVIMETRIA (TG/DTG) DAS AMOSTRAS: (a) AMIDO DE TRIGO SARRACENO, FARINHA DE (b) TRIGO SARRACENO E (c) ARROZ.....	82
TABELA 7 - RESULTADOS OBTIDOS POR CALORIMETRIA EXPLORATÓRIA DIFERENCIAL (DSC) PARA AS AMOSTRAS: (a) AMIDO DE TRIGO SARRACENO, FARINHA DE (b) TRIGO SARRACENO E (c) ARROZ	84
TABELA 8 - DADOS DE PROPRIEDADE DE PASTA (RVA) DAS AMOSTRAS: (a) AMIDO DE TRIGO SARRACENO, FARINHA DE (b) TRIGO SARRACENO E (c) ARROZ	86
TABELA 9 - INTENSIDADE DOS PRINCIPAIS PICOS DOS DIFRACTOGRAMAS DE RAIOS X, PARA AS AMOSTRAS: (a) AMIDO DE TRIGO SARRACENO, FARINHA DE (b) TRIGO SARRACENO E (c) ARROZ.	88
TABELA 10 - GRAU DE CRISTALINIDADE RELATIVA (%) DO (a) AMIDO DE TRIGO SARRACENO, FARINHA DE (b) TRIGO SARRACENO E (c) ARROZ	89

EXPERIMENTO 2

TABELA 11 - CONCENTRAÇÕES MÍNIMAS E MÁXIMAS ESTABELECIDAS PARA CADA COMPONENTE DAS FARINHAS MISTAS.	101
TABELA 12 - COMPOSIÇÃO DAS 9 FARINHAS MISTAS COM FARINHA DE ARROZ E FARINHA E AMIDO DE TRIGO SARRACENO.....	101
TABELA 13 - DELINEAMENTO EXPERIMENTAL DA FARINHA DE ARROZ (FA), FARINHA DE TRIGO SARRACENO (FTS) E AMIDO DE TRIGO SARRACENO (ATS).....	102
TABELA 14 - DISTRIBUIÇÃO GRANULOMÉTRICA DAS FARINHAS MISTAS.....	106
TABELA 15 - COEFICIENTES DE REGRESSÃO OBTIDOS PELA METODOLOGIA DA SUPERFÍCIE DE RESPOSTA PARA MODELAR OS EFEITOS DE FA, FTS E ATS PARA GRANULOMETRIA.	110
TABELA 16 - COORDENADAS DE CROMATICIDADE L^* , a^* E b^* DAS FARINHAS MISTAS.....	111
TABELA 17 - COEFICIENTES DE REGRESSÃO OBTIDOS PELA METODOLOGIA DA SUPERFÍCIE DE RESPOSTA PARA MODELAR OS EFEITOS DE FA, FTS E ATS PARA O CROMA b^* . .	112
TABELA 18 - ATIVIDADE DE ÁGUA (AW) DAS FARINHAS MISTAS.....	113
TABELA 19 - NÚMERO DE QUEDA DAS FARINHAS MISTAS DE FARINHA E AMIDO DE TRIGO SARRACENO E FARINHA DE ARROZ.	114

EXPERIMENTO 3

TABELA 20 - CONCENTRAÇÕES MÍNIMAS E MÁXIMAS ESTABELECIDAS PARA CADA COMPONENTE DAS FARINHAS MISTAS.	123
TABELA 21 - COMPOSIÇÃO DAS MISTURAS DE FARINHAS UTILIZADAS NA FORMULAÇÃO DOS PÃES SEM GLÚTEN	124
TABELA 22 - FORMULAÇÕES UTILIZADAS NA PRODUÇÃO DOS PÃES SEM GLÚTEN.....	124
TABELA 23 - VOLUME ESPECÍFICO DOS PÃES DESENVOLVIDOS	137
TABELA 24 - MASSA DOS PÃES AO LONGO DO PROCESSO DE PRODUÇÃO E ARMAZENAMENTO	138

TABELA 25 - COORDENADAS DE CROMATICIDADE L*,a* E b* DA CROSTA E MIOLO DAS 9 FORMULAÇÕES DIFERENTES DE PÃES SEM GLÚTEN DESENVOLVIDOS.....	140
TABELA 26 - COEFICIENTES DE REGRESSÃO OBTIDOS PELA METODOLOGIA DA SUPERFÍCIE DE RESPOSTA PARA MODELAR OS EFEITOS DE FA, FTS E ATS PARA OS PARÂMETROS b* DA CROSTA E MIOLO DOS PÃES.....	142
TABELA 27 - ATIVIDADE DE ÁGUA (AW) DAS 9 FORMULAÇÕES DE PÃES SEM GLÚTEN APÓS 24 H E 72H DE ESTOCAGEM.....	143
TABELA 28 - PERFIL MÉDIO DA ANÁLISE DO PERFIL DE TEXTURA (PARÂMETROS: DUREZA 1º E 2º CICLO, E RESILIÊNCIA) PARA AS 9 FORMULAÇÕES DE PÃES SEM GLÚTEN DESENVOLVIDOS.....	144
TABELA 29 - PERFIL MÉDIO DA ANÁLISE DO PERFIL DE TEXTURA (PARÂMETROS: COESIVIDADE, ELASTICIDADE, GOMOSIDADE E MASTIGABILIDADE) PARA AS 9 FORMULAÇÕES DE PÃES SEM GLÚTEN DESENVOLVIDOS	145
TABELA 30 - COEFICIENTES DE REGRESSÃO OBTIDOS PELA METODOLOGIA DA SUPERFÍCIE DE RESPOSTA QUANTO OS EFEITOS DE FA, FTS E ATS PARA OS PARÂMETROS DE TEXTURA.	148
TABELA 31 - ANÁLISES MICROBIOLÓGICAS DOS PÃES DE TRIGO SARRACENO.	149
TABELA 32 - MÉDIA DAS NOTAS OBTIDAS PARA AS 9 FORMULAÇÕES DE PÃES SEM GLÚTEN DENTRO DA ESCALA HEDÔNICA (PONTOS DE 1 A 9) PARA OS PARÂMETROS: COR, SABOR, TEXTURA E ACEITAÇÃO GLOBAL.	158
TABELA 33 - RESÍDUOS PELAS FIGURAS/FORMULAÇÕES.....	162
TABELA 34 - RESÍDUOS DOSPROVADORES.....	163
TABELA 35 - FATORES ISOTRÓPICOS.....	164

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AA	Aminoácidos
ABTS	2,2 - azino - bis - 3 - etil - benzotiazolina - 6 - ácido sulfônico
ATS	Amido de trigo sarraceno
DPPH	2,2 - difenil - 1 - picrilidrazila.
DRX	Difratometria de Raios X
DSC	Calorimetria Exploratória Diferencial
DTG	Termogravimetria derivada
FA	Farinha de arroz
FRAP	<i>Ferric Reducing Antioxidant Power</i>
FTIR	Espectroscopia de Infravermelho com Transformada de Forrier
FTS	Farinha de trigo sarraceno
MEV	Microscopia Eletrônica de Varredura
NMP	Número Mais Provável
RVA	Analisador Rápido de Viscosidade
T_{endset}	Temperatura _{endset} ou de conclusão
TG	Termogravimetria
T_{onset}	Temperatura _{onset} ou inicial
T_p	Temperatura de pico

SUMÁRIO

RESUMO GERAL	6
ABSTRACT	7
INTRODUÇÃO	23
1. JUSTIFICATIVA	25
2. OBJETIVOS	27
2.1 OBJETIVO GERAL	27
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	27
REVISÃO DA LITERATURA	28
1. PSEUDOCEREAIS	29
2. TRIGO SARRACENO	30
2.1 HISTÓRIA E DISTRIBUIÇÃO	30
2.2 PRODUÇÃO	30
2.3 TAXONOMIA E MORFOLOGIA	33
2.4 COMPOSIÇÃO QUÍMICA E EFEITOS BENÉFICOS À SAÚDE	35
2.5 POTENCIAL ALERGÊNICO	36
3. AMIDO	37
3.1 PROPRIEDADES DOS AMIDOS	41
4. PANIFICAÇÃO	44
4.1 PANIFICAÇÃO SEM GLÚTEN	47
4.1.1 Farinha de arroz na panificação sem glúten	50
4.1.2 O trigo sarraceno em produtos alimentícios sem glúten	51
5. PLANEJAMENTO DE MISTURAS	52
6. ANÁLISE SENSORIAL	55
7. CARACTERIZAÇÃO DE AMIDOS E FARINHAS	56
7.1 ANÁLISE TÉRMICA - TG/DTG E DSC	56
7.2 ANÁLISE REOLÓGICA - RVA	60
7.3 ANÁLISE ESTRUTURAL - DRX, FTIR E MEV	61

EXPERIMENTO 1 - CARACTERIZAÇÃO DO AMIDO E FARINHA DE TRIGO	
SARRACENO E FARINHA DE ARROZ.....	63
RESUMO.....	64
ABSTRACT	65
1. INTRODUÇÃO	66
2. MATERIAIS E MÉTODOS.....	68
2.1 MATERIAIS	68
2.2 MÉTODOS	69
2.2.1 DISTRIBUIÇÃO DO TAMANHO DOS GRÃOS DO TRIGO SARRACENO.....	69
2.2.2 EXTRAÇÃO DO AMIDO DE TRIGO SARRACENO.....	69
2.2.3 COMPOSIÇÃO CENTESIMAL.....	69
2.2.4 PERFIL DE AMINOÁCIDOS TOTAIS.....	70
2.2.5 DETERMINAÇÃO DOS COMPOSTOS FENÓLICOS TOTAIS	70
2.2.6 ATIVIDADE ANTIOXIDANTE – DPPH, FRAP e ABTS	70
2.2.7 TERMOGRAVIMETRIA (TG/DTG).....	70
2.2.8 CALORIMETRIA EXPLORATÓRIA DIFERENCIAL (DSC)	71
2.2.9 PROPRIEDADE DE PASTA (RVA).....	71
2.2.10 DIFRAÇÃO DE RAIOS X	72
2.2.11 ESPECTROSCOPIA DE INFRAVERMELHO COM TRANSFORMADA DE FOURIER (FTIR)	72
2.2.12 MICROSCOPIA ELETRÔNICA DE VARREDURA (MEV).....	72
2.2.13 ANÁLISE ESTATÍSTICA	73
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	74
3.1 DISTRIBUIÇÃO DO TAMANHO E PROPRIEDADES GEOMÉTRICAS DOS GRÃOS DO TRIGO SARRACENO.....	74
3.2 EXTRAÇÃO DO AMIDO DE TRIGO SARRACENO.....	74
3.3 COMPOSIÇÃO CENTESIMAL DAS FARINHAS	75
3.4 PERFIL DE AMINOÁCIDOS TOTAIS.....	77
3.5 DETERMINAÇÃO DOS COMPOSTOS FENÓLICOS TOTAIS	79
3.6 ATIVIDADE ANTIOXIDANTE	80
3.7 TERMOGRAVIMETRIA (TG/DTG).....	81
3.8 CALORIMETRIA EXPLORATÓRIA DIFERENCIAL (DSC)	83
3.9 PROPRIEDADE DE PASTA (RVA).....	85

3.10 DIFRATOMETRIA DE RAIOS X.....	87
3.11 ESPECTROSCOPIA DE INFRAVERMELHO (FTIR)	89
3.12 MICROSCÓPIO ELETRÔNICO DE VARREDURA (MEV).....	91
4. CONCLUSÕES	94

EXPERIMENTO 2 - CARACTERIZAÇÃO DAS MISTURAS DE AMIDO E FARINHA DE TRIGO SARRACENO E FARINHA DE ARROZ95

RESUMO.....	96
ABSTRACT	97
1. INTRODUÇÃO	98
2. MATERIAL E MÉTODOS	100
2.1 MATERIAL	100
2.2 PLANEJAMENTO FATORIAL SIMPLEX-CENTRÓIDE	100
2.3 ANÁLISES FÍSICAS DAS MISTURAS DE FARINHAS E AMIDO	103
2.3.1 Grânulometria.....	103
2.3.2 Colorimetria	103
2.3.3 Atividade de água.....	104
2.3.4 Número de queda.....	104
2.4 ANÁLISE ESTATÍSTICA	104
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	106
3.1 GRÂNULOMETRIA	106
3.2 COLORIMETRIA	110
3.3 ATIVIDADE DE ÁGUA	112
3.4 NÚMERO DE QUEDA.....	114
4. CONCLUSÕES	116

EXPERIMENTO 3 - DESENVOLVIMENTO E CARACTERIZAÇÃO DE PÃO SEM GLÚTEN COM AMIDO E FARINHA DE TRIGO SARRACENO E FARINHA DE ARROZ117

RESUMO.....	118
ABSTRACT	119
1. INTRODUÇÃO	120

2. MATERIAL E MÉTODOS	123
2.1 ELABORAÇÃO DOS PÃES	123
2.2 ANÁLISES FÍSICAS DOS PÃES.....	125
2.2.1 VOLUME ESPECÍFICO.....	125
2.2.2 DETERMINAÇÃO DA PERDA DE PESO DOS PÃES	125
2.2.3 COLORIMETRIA.....	126
2.2.4 ATIVIDADE DE ÁGUA	126
2.2.5 TEXTURA.....	126
2.3 ANÁLISE MICROBIOLÓGICA.....	127
2.3.1 Coliformes a 45°C	128
2.3.2 <i>Salmonella sp</i>	128
2.4 ANÁLISE SENSORIAL.....	128
2.4.1 PERFIL LIVRE	128
2.4.1.1 Seleção preliminar dos provadores - Teste Triangular.....	128
2.4.1.2 Levantamento dos descritores e elaboração das fichas.....	129
2.4.1.3 Avaliação das amostras	132
2.4.2 TESTE DE ACEITAÇÃO	132
2.4.2.1 Recrutamento dos provadores	132
2.4.2.2 Seleção dos provadores.....	132
2.4.2.3 Avaliação sensorial dos pães	132
2.4.2.4 Execução do teste de aceitação.....	133
2.4.3 PESQUISA DE CONSUMO	133
2.4.4 TESTE DE INTENÇÃO DE COMPRA.....	134
2.4.5 ANÁLISES ESTATÍSTICAS GERAIS DA ANÁLISE SENSORIAL	135
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	136
3.1 PÃES DESENVOLVIDOS	136
3.2 ANÁLISES FÍSICAS DOS PÃES.....	137
3.2.1 VOLUME ESPECÍFICO.....	137
3.2.2 DETERMINAÇÃO DA MASSA DOS PÃES.....	138
3.2.3 COLORIMETRIA	140
3.2.4 ATIVIDADE DE ÁGUA	143

3.2.5 TEXTURA.....	144
3.3 ANÁLISE MICROBIOLÓGICA.....	148
3.4 ANÁLISE SENSORIAL.....	149
3.4.1 PESQUISA DE CONSUMO	149
3.4.2 TESTE DE ACEITAÇÃO	158
3.4.2.1 Mapa de Preferência Interno	159
3.4.3 TESTE DE INTENÇÃO DE COMPRA.....	161
3.4.4 TESTE DE PERFIL LIVRE	161
3.4.4.1 Generalized Procrustes Analysis - GPA.....	161
4. CONCLUSÕES	167
CONCLUSÃO GERAL	169
REFERÊNCIAS	170
APÊNDICE 1 - PARECER CONSUBSTANCIADO DO COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA (CEP).....	196

INTRODUÇÃO

Pseudocereais (amaranto (*Amaranthus spp.*), quinoa (*Chenopodium quinoa*) e trigo sarraceno (*Fagopyrum esculentum*)) são plantas que apresentam grãos com grande quantidade de amido em sua composição, alto valor nutricional e ausência do glúten. Suas farinhas têm sido utilizadas em alimentos sem glúten, aumentando as opções de produtos de panificação e correlatos para o público com restrição alimentar (ARROYO-MANZANARES et al., 2014; FLETCHER, 2004; MEO et al., 2011; SCHOENLECHNER; JURACKOVA, BERGHOFER, 2005; SCHOENLECHNER; SIEBENHANDL, BERGHOFER, 2008).

O trigo sarraceno, chamado também por trigo mourisco, é considerado um dos mais valiosos pseudocereais em termos da sua composição nutricional, por ser composto por grande quantidade de compostos fenólicos, flavonóides e proteínas de aminoácidos essenciais (ALTINDAĞ et al., 2015; GAO et al., 2016; JIANG et al., 2007; SEDEJ et al., 2012; TOMOTAKE et al., 2007; WANG; ZHANG, 2015).

O trigo sarraceno (*Fagopyrum esculentum* Moench) vem sendo relatado na literatura como um pseudocereal altamente nutritivo, com amido de grande interesse na indústria, rico em proteínas com aminoácidos essenciais além da maior biodisponibilidade quando comparada a outros grãos, como trigo, arroz, milho e sorgo. Tem também maior atividade antioxidante, pela presença de compostos fenólicos como rutina, quercetina, entre outros (HUSSAIN; KAUL, BHAT, 2018; SYTAR et al., 2018).

Como a farinha de trigo sarraceno possui grande quantidade de amido (70-91 %), é interessante o estudo da farinha e desse componente isoladamente. Na literatura essa caracterização vem sendo feita por meio de análises físico-químicas, térmicas, reológicas, estruturais (TAKAHAMA; HIROTA, 2010).

O pão é um alimento muito consumido na dieta do ocidente, usualmente está presente na dieta de todos pelas manhãs e tarde, por isso é de grande interesse que este tenha um valor nutricional agregado maior, por exemplo, com fibras e antioxidantes. Pães sem glúten apresentam um déficit nutricional ainda maior, pela ausência da proteína presente na farinha de trigo e a adição de carboidratos (como hidrocolóides e amidos), que são adicionados na tentativa de suprir o déficit tecnológico da ausência do glúten melhorando a viscoelasticidade da massa. Por isso, o desenvolvimento de pães sem glúten com qualidade tecnológica

e nutricional é um desafio para as indústrias. Assim, para se alcançar este objetivo, busca-se substituir a farinha de trigo por uma farinha isenta de glúten, como as farinhas obtidas de pseudocereais, além de fazer enriquecimentos com outros ingredientes na massa (ELGETI; JEKLE, BECKER, 2015; DALL'ASTA et al., 2013; MIRANDA et al., 2014; MUGGAH; DUIZER, MCSWEENEY, 2016; NAQASH et al., 2017; SIVAM et al., 2010; TORBICA; HADNAĐEV, DAPČEVIĆ, 2010).

Sendo assim, este trabalho está dividido em quatro partes: [1] Revisão da literatura; [2] Experimento 1: Caracterização do amido e farinha de trigo sarraceno e farinha de arroz; [3] Experimento 2: Caracterização das misturas de amido e farinha de trigo sarraceno e farinha de arroz; e [4] Experimento 3: Desenvolvimento e caracterização de pão sem glúten com farinha e amido de trigo sarraceno e farinha de arroz.

1. JUSTIFICATIVA

O trigo sarraceno comum (*Fagopyrum esculentum*) é um pseudocereal muito produzido na Ásia e Europa (CEPKOVÁ; JANOVSÁ; STEHNO, 2009), assim como no Brasil, que é considerado o 7º maior produtor mundial deste grão (FAOSTAT, 2016). Apesar disso, o povo brasileiro não tem o hábito de consumir o trigo sarraceno em sua dieta e quase toda produção acaba sendo exportada também para a Ásia e Europa. Por isso, verificou-se a necessidade de maior estudo do trigo sarraceno brasileiro e incorporação deste grão na dieta diária das pessoas.

Pela sua composição, com ausência do glúten, sabe-se que este grão pode ser utilizado para consumidores com exigências específicas (com restrições alimentares, pacientes que são intolerantes ao trigo ou celíacos) (TORBICA; HADNADEV; DAPČEVIĆ, 2010).

A farinha do trigo sarraceno tem sido considerada um ingrediente interessante para as formulações de pães sem glúten, possui propriedades especiais que o diferem de outros cereais (CEPKOVÁ; JANOVSÁ; STEHNO, 2009), pode apresentar de 59 a 90 % de amido em sua composição (MALIK; SAXENA, 2016), dependendo do método de extração utilizado. A incorporação da farinha de trigo sarraceno afeta positivamente a qualidade tecnológica do pão sem glúten (GIMÉNEZ-BASTIDA; PISKUŁA, ZIELIŃSKI, 2015) e tem sido amplamente utilizada em produtos de panificação pela qualidade nutricional que apresenta (ARROYO-MANZANARES et al., 2014; MEO et al., 2011; SCHOENLECHNER; SIEBENHANDL; BERGHOFER, 2008).

Utilizou-se também neste estudo, a farinha de arroz na elaboração do pão sem glúten, pois apresenta cor e sabor suave que não altera as características originais do produto. Já foi comprovado que o pão elaborado a partir da farinha de arroz (em comparação a de milho e mandioca) apresenta melhores parâmetros, resultando em um produto com consistência mais interessante com pequenos alvéolos distribuídos homogeneamente (LOPÉZ; PEREIRA, JUNQUEIRA, 2004).

Pessoas com restrições alimentares, como os celíacos, necessitam de maior variedade de produtos sem glúten, que além de apresentar esse atributo (da ausência do glúten), ofereça outros benefícios nutricionais e sensoriais agregados a ele.

Dessa forma é de grande interesse o estudo do grão do trigo sarraceno brasileiro para maior entendimento deste ingrediente e suas propriedades, assim como sua aplicação em produto de panificação sem glúten, a fim de valorizar esse grão pouco utilizado no Brasil e suprir uma demanda por produtos de panificação nutricionalmente ricos que não utilizem farinha de trigo comum.

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Caracterizar a farinha e amido de trigo sarraceno (*Fagopyrum esculentum* Moench) e desenvolver um pão sem glúten com boa aceitação.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Obter a farinha e o amido do trigo sarraceno;
- Caracterizar por meio de análises físico-químicas, térmicas, reológicas e estruturais o amido e a farinha do trigo sarraceno;
- Analisar as misturas de farinha e amido de trigo sarraceno;
- Desenvolver diferentes formulações de pães sem glúten, com a farinha e amido do trigo sarraceno, por meio do delineamento de misturas;
- Verificar por meio da análise sensorial, a formulação com maior aceitação e intenção de compra pelo consumidor;
- Estabelecer o perfil sensorial das amostras de pães por meio da análise de Perfil Livre.

REVISÃO DA LITERATURA

1. PSEUDOCEREAIS

São classificados como pseudocereais, o grupo de plantas que possuem amido em suas sementes, mas pelas características botânicas e nutricionais são pertencentes à classe das dicotiledôneas, apresentando folhas com nervuras reticulares, feixes vasculares dispostos em círculo, flores tetrâmeras ou pentâmeras (elementos florais em número múltiplo de quatro e cinco), e um sistema de raiz fibrosa e axial. Já os cereais são classificados como monocotiledôneas com sementes que possuem uma folha embrionária, ou seja, cotilédones. Os cereais também possuem veios de folhas paralelas, as partes florais são em múltiplos de três, e as raízes são primárias (SCHOENLECHNER, JURACKOVA, BERGHOFER; 2005).

De forma simplificada Fletcher (2004) diz que os pseudocereais são grãos ricos em amido, que não são classificados como: cereais, leguminosas, oleaginosas e castanhas.

Os pseudocereais dentro de nutrição e de processamento de alimentos são utilizados como cereais, mas os grânulos de amido estão armazenados no perisperma, diferente dos cereais que se localizam no endosperma (ARROYO-MANZANARES et al., 2014). Dentre os representantes mais conhecidos estão: o amaranto (*Amaranthus spp.*), quinoa (*Chenopodium quinoa*) e trigo sarraceno (*Fagopyrum esculentum*) (FLETCHER, 2004; SCHOENLECHNER, JURACKOVA, BERGHOFER; 2005). Esses grãos são cultivados há muito tempo em diferentes países africanos, asiáticos, além de países da América Central e do Sul, entretanto desde a década de 90, eles estão sendo redescobertos e incluídos na alimentação humana mais frequentemente (AGHAMIRZAEI et al., 2013).

Segundo Arroyo-Manzanares et al. (2014) e Schoenlechner, Siebenhandl e Berghofer (2008) está crescendo o interesse e consumo de pseudocereais pelo seu elevado teor em aminoácidos. O uso da farinha dos pseudocereais tem emergido também como uma alternativa em dietas nas quais o glúten não é desejado ou em casos de doença celíaca, na elaboração de produtos de panificação e correlatos (MEO et al., 2011).

2. TRIGO SARRACENO

2.1 HISTÓRIA E DISTRIBUIÇÃO

O trigo sarraceno foi originado da Ásia Central e transferido por povos nômades para a Europa Central e Oriental (MOTA et al., 2016). Sabe-se que há pelo menos 1500 anos se cultivava trigo sarraceno na China. Há referências da produção deste, no século V e VI antes de Cristo (A.C.). Na Europa foi introduzido na Idade Média e no início do século XV chegou à Alemanha (LÉDER, 2009).

Na Europa o maior cultivo foi alcançado pela Alemanha no século XVII, entretanto, no fim do século XVIII a produção caiu significativamente devido aos pequenos investimentos realizados na melhoria da produção de trigo sarraceno, em comparação aos grãos modernos. Na Rússia, Canadá e França a produção também caiu na primeira metade do século XX (LÉDER, 2009).

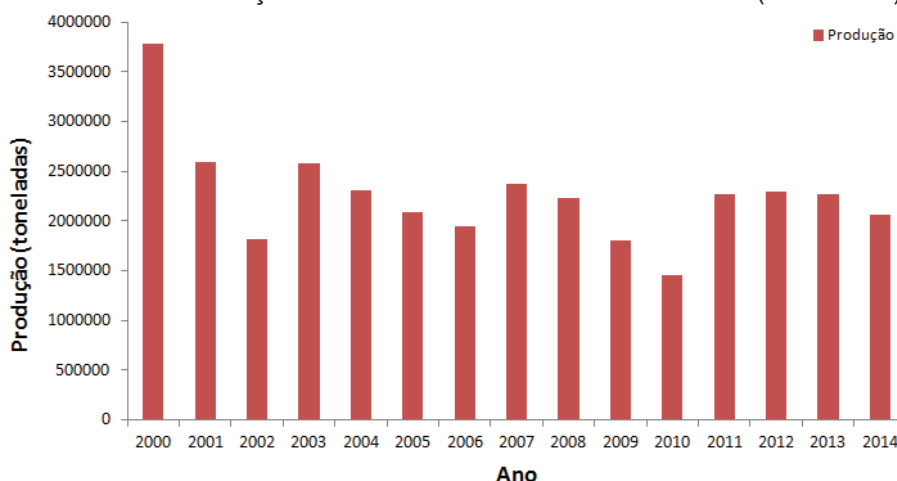
A partir de 1960 a produção do trigo sarraceno começou a aumentar no Canadá, como resultado das grandes demandas de exportação por parte do Japão, que utilizava a farinha para produção de massa alimentícia. Na Europa, a partir de 1980, o cultivo aumentou novamente pelo interesse maior da população em alimentos mais saudáveis, naturais e de elevado valor nutricional (LÉDER, 2009).

No Brasil foi trazido pelos imigrantes poloneses, russos e alemães, no século XX, para a região sul do Brasil. A partir de 1970 no estado do Paraná aconteceu um grande incentivo para a plantação do trigo sarraceno, o qual chegou a ser plantado, por ano, aproximadamente 1200 toneladas de sementes em área, ou seja, 30 mil hectares (SILVA et al., 2002).

2.2 PRODUÇÃO

Na Figura 1 tem-se a produção do trigo sarraceno de 2000 a 2014 em âmbito mundial. Percebe-se que houve uma queda na produção no ano de 2001, entretanto considerando as oscilações, a produção permaneceu na maior parte do tempo entre 2 milhões a 2 milhões e 500 mil toneladas métricas ao ano (FAOSTAT, 2016).

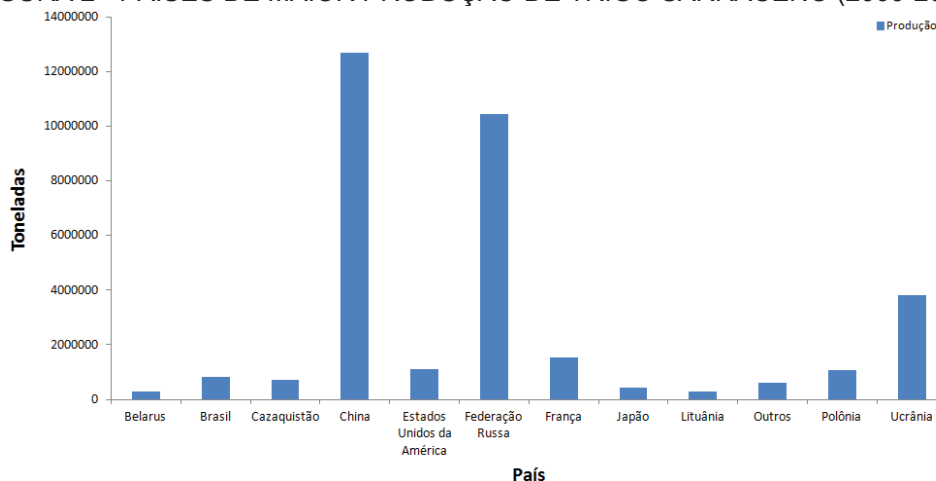
FIGURA 1 - PRODUÇÃO MUNDIAL DE TRIGO SARRACENO (2000-2014).



FONTE: FAOSTAT (2016).

Considerando o mesmo período de tempo, de 2000 a 2014, os maiores produtores são China, Federação Russa e Ucrânia. O Brasil se coloca em 7º lugar na produção de trigo sarraceno neste período, sendo o maior produtor da América Latina e o 2º maior produtor do continente americano, perdendo apenas para os Estados Unidos da América (Figura 2) (FAOSTAT, 2016).

FIGURA 2 - PAÍSES DE MAIOR PRODUÇÃO DE TRIGO SARRACENO (2000-2014).

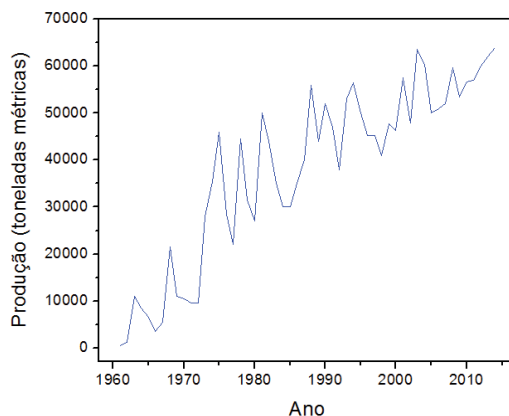


FONTE: FAOSTAT (2016).

Existem 2 tipos de trigo sarraceno, o comum e o tartárico. O trigo sarraceno comum é amplamente cultivado na Ásia, Europa e Américas, enquanto o trigo sarraceno tartárico é mais cultivado na Ásia (China, Butão, Nepal e Índia) com uma pequena quantidade da produção na região da Europa (na região de fronteira de Luxemburgo, Alemanha e Bélgica) (ZHU, 2016a). No Brasil a produção de trigo sarraceno refere-se ao tipo comum.

A Figura 3 mostra o crescimento da produção dentro do Brasil de 1961-2014. A maior concentração de produção do trigo sarraceno está na região oeste do Paraná.

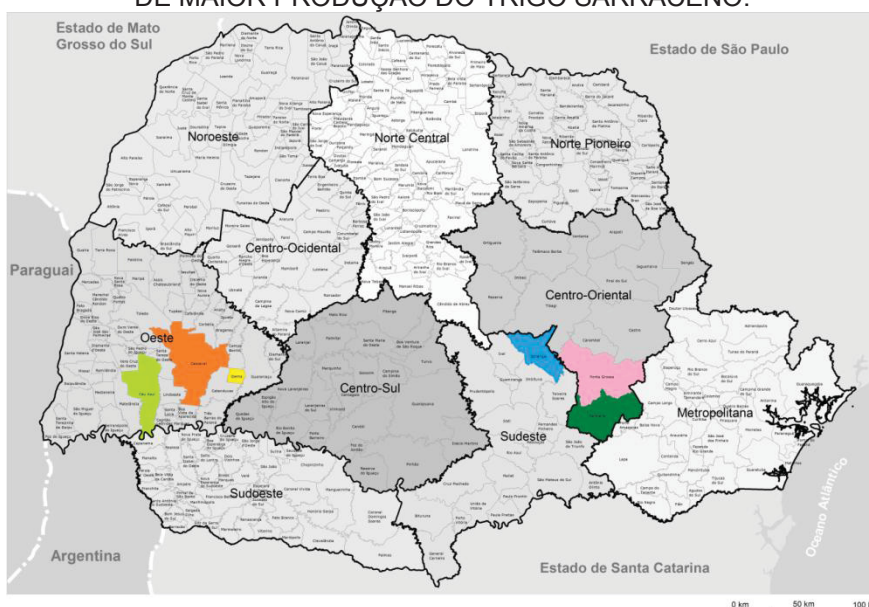
FIGURA 3 - PRODUÇÃO DE TRIGO SARRACENO COMUM NO BRASIL (1961-2014).



FONTE: FAOSTAT (2016).

No estado do Paraná (Brasil), a cidade de Cascavel, em 2014 e 2015 cultivou 350 ha e 600 ha, respectivamente. Os municípios de Céu Azul e Ibema também se destacam na produção deste grão. O trigo sarraceno produzido no município de Ipiranga, Palmeira e Ponta Grossa, é todo voltado à exportação, o qual é armazenado em contêineres e vendido para o Japão (DERAL, 2016). As cidades de maior destaque na produção do trigo sarraceno no Paraná estão na Figura 4.

FIGURA 4 - REGIÕES GEOGRÁFICAS DO ESTADO DO PARANÁ, DESTACANDO AS CIDADES DE MAIOR PRODUÇÃO DO TRIGO SARRACENO.



Cidades e cores correspondentes: Céu Azul (verde claro), Cascavel (laranja), Ibema (amarelo), Ipiranga (azul), Ponta Grossa (rosa) e Palmeira (verde escuro).

FONTE: Adaptado de IPARDES (2016).

2.3 TAXONOMIA E MORFOLOGIA

O trigo sarraceno é pertencente à subclasse *Caryophyllidae*, ordem *Polygonales*, família *Polygonaceae* (FLETCHER, 2004). Sabe-se que seu ancestral é o *Fagopyrum cymosum* (BIACS et al., 2002), mais recentemente pode ser encontrado dois tipos de trigo sarraceno: o comum (*Fagopyrum esculentum* Moench), que é uma espécie mais doce e o tartárico (*Fagopyrum tataricum* (L.) Gaertn.), o qual é mais amargo (MICHALOVÁ, 2001; LÉDER, 2009).

A planta da *Fagopyrum esculentum*, trigo sarraceno comum (Figura 5), é ereta e pode atingir a altura de 60-80 cm. O caule da planta é oco e angular, podendo ter nódulos inchados de coloração vermelha, rosa ou verde. As folhas são alternadas, possuem forma triangular, com pontas bem específicas e comprimento de 5-10 cm. As flores (Figura 6) perfumadas possuem de 3-4 mm, e podem ser brancas, rosas ou vermelhas, sendo utilizadas também para a produção de mel, o qual é quase preto e de sabor forte. O fruto (Figura 7 e 8) de apenas um grão, é seco, possuindo 3 pontas (formato triangular), medindo em média 6 mm x 3 mm. A cor da casca da semente é marrom ou cinza (LÉDER, 2009; ZHOU et al., 2012).

FIGURA 5 - ESTRUTURA DO TRIGO SARRACENO.



FONTE: VAUGHAN; GEISSLER (2009).

FIGURA 6 - FLORES DO TRIGO SARRACENO.



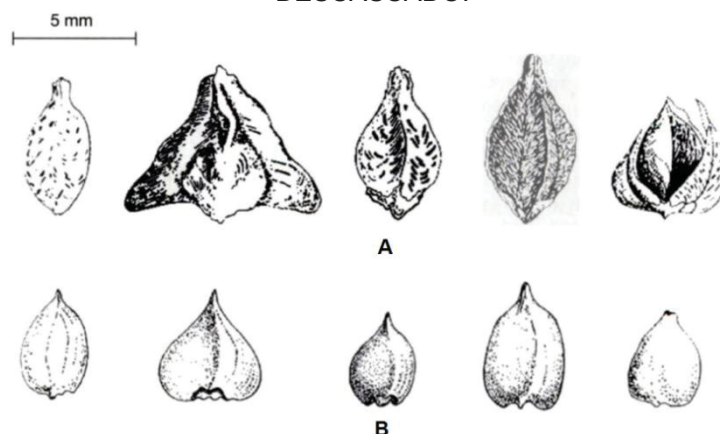
FONTE: USEFUL TROPICAL PLANTS (2017).

FIGURA 7 - FRUTO DO TRIGO SARRACENO NA PLANTA.



FONTE: USEFUL TROPICAL PLANTS (2017).

FIGURA 8 - DIFERENTES FORMAS DO FRUTO DO TRIGO SARRACENO: (A) COM CASCA E (B) DESCASCADO.



Fonte: BIACS et al.(2002).

O *Fagopyrum tataricum* é de cultura anual, apresentando uma estatura maior e mais grosseira do que a *Fagopyrum esculentum*. As flores são pequenas, de cor verde-amarelada, e não possui fragrância. O fruto é menor que o trigo comum, por isso, 1000 sementes de trigo sarraceno comum possui aproximadamente 25-35 g, já o trigo sarraceno tartário 15-25 g. O "Peso de 1000 sementes" é um termo tradicional para esta área (LÉDER, 2009).

2.4 COMPOSIÇÃO QUÍMICA E EFEITOS BENÉFICOS À SAÚDE

As espécies de trigo sarraceno comum e o tartário possuem muitos componentes benéficos à saúde humana, com grande quantidade de compostos fenólicos, flavonóides e proteínas de aminoácidos essenciais. O trigo sarraceno tartário apesar de ser reconhecido com teores muitas vezes superiores de compostos benéficos do que o trigo sarraceno comum (como o teor de rutina que na semente do trigo sarraceno tartário é de 30 a 150 vezes maior do que o trigo sarraceno comum) tem sua utilização limitada nos produtos alimentícios devido a sua amargura, aspereza e dureza (GAO et al., 2016; TOMOTAKE et al., 2007; WANG; ZHANG, 2015), sendo o trigo sarraceno comum uma opção mais viável para utilização em alimentos.

A proteína do trigo sarraceno tem grande valor biológico. A identificação e quantificação de cada aminoácido presente nas espécies de trigo sarraceno foi realizada por Tomotake et al. (2007), o qual encontrou valores muito próximos, nas duas espécies, para os 18 aminoácidos identificados. Neste mesmo estudo os

autores compararam cada espécie em dietas em ratos, e observaram que o trigo sarraceno comum apresentou uma maior digestibilidade protéica e uma maior excreção fecal total de esteróides neutros, grupo que inclui o colesterol.

O efeito hipocolesterolêmico da proteína de trigo sarraceno foi comprovado pela primeira vez por Kayashita et al. (1996) em ratos alimentados com dietas enriquecidas com colesterol, o qual mostrou-se mais eficiente que a proteína isolada de soja.

Para Altındağ et al. (2015), o trigo sarraceno é um dos mais valiosos pseudocereais em termos da sua composição nutricional. Como apresentado no Quadro 1, pode-se observar que os ácidos graxos de maior quantidade em sua composição são os ácido oléico (C18:1) e linoléico (C18:2).

Outros componentes que foram quantificados do grão do trigo sarraceno estão apresentadas no Quadro 1.

QUADRO 1 - COMPOSIÇÃO FÍSICO-QUÍMICA E QUANTIFICAÇÃO DE COMPONENTES DO GRÃO DO TRIGO SARRACENO.

Componente		Quantidades (%)	Referência
Umidade		10,28	Altındağ et. al (2015)
Carboidratos		76,32	
Proteínas		9,75	
Lipídeos		1,64	
Cinzas		1,05	
Fibra Bruta		0,96	
Amido		70,22 - 90,90	Li et al. (2014); Liu et al. (2015a); Qin et al. (2010)
Ácidos Graxos	C14:0	0,33	Kimet al. (2004)
	C16:0	17,70 ± 1,90	
	Saturados C18:0	1,80 ± 0,10	
	C20:0	1,10 ± 0,30	
	C22:0	1,60 ± 0,20	
	Insaturados C18:1	36,80 ± 2,10	
	C18:2	38,10 ± 2,50	
	C18:3	2,70 ± 0,10	
Rutina		0,02 ± 0,004	Jiang et al. (2007)
Compostos fenólicos totais		1,87 ± 0,42	Sedej et al. (2012)
Flavonóides totais		0,07 ± 0,01	

2.5 POTENCIAL ALERGÊNICO

Nos países asiáticos, possivelmente devido ao grande consumo, o trigo sarraceno (*Fagopyrum esculentum*) se tornou um alimento comumente alergênico (NORDLEE et al., 2011). No Japão 5 % da população apresenta alergia alimentar do

tipo imediato com o consumo desse grão (MATSUO; YOKOOJI, TAOGOSHI, 2015). O trigo sarraceno foi incluído na lista de alimentos comumente alergênicos na Coreia e Japão pelo consumo frequente de macarrão *Soba* (TAYLOR; HEFFLER, 2006). Na Europa e América do Norte, a alergia alimentar relacionada ao trigo sarraceno é rara e pouco estudada, entretanto a partir de 2004, o consumo só vem aumentando e essa alergia é emergente em alguns países europeus, como a Itália (HEFFLER et al., 2011; HEFFLER et al., 2014).

Nordlee et al. (2011) descobriram em seu estudo que diferente do trigo sarraceno comum (*Fagopyrum esculentum*), o trigo selvagem (*Fallopia convolvulus*), o qual é considerado uma erva daninha nos Estados Unidos, apesar de sua semelhante forma, apresenta diferenças genéticas, não apresentando o mesmo fator alergênico.

Outro problema alergênico frequente advém das cascas do trigo sarraceno que são utilizadas para encher travesseiros na Europa (HEFFLER et al., 2014).

Os autores Heffler et al. (2011) afirmaram que várias proteínas do trigo sarraceno são descritas como capazes de se ligar à Imunoglobulina E (IgE) específica em pacientes alérgicos. As principais proteínas responsáveis pela alergenicidade deste grão são as de pesos moleculares: 9, 16, 19 e 24 kDa.

Alguns sintomas relatados pela ingestão do trigo sarraceno, pelas pessoas que possuem a alergia, são: anafilaxia, hipersensibilidade após a ingestão de alimentos com este ingrediente, manifestações cutâneas como urticária e angioedema, envolvimento gastrointestinal e sintomas respiratórios como a asma e rinite alérgica (HEFFLER et al., 2011). A confirmação da alergia pode ser feita por testes cutâneos positivos, imunoglobulina E (IgE) específica para trigo sarraceno, entre outros (SAMMUT et al., 2011).

3. AMIDO

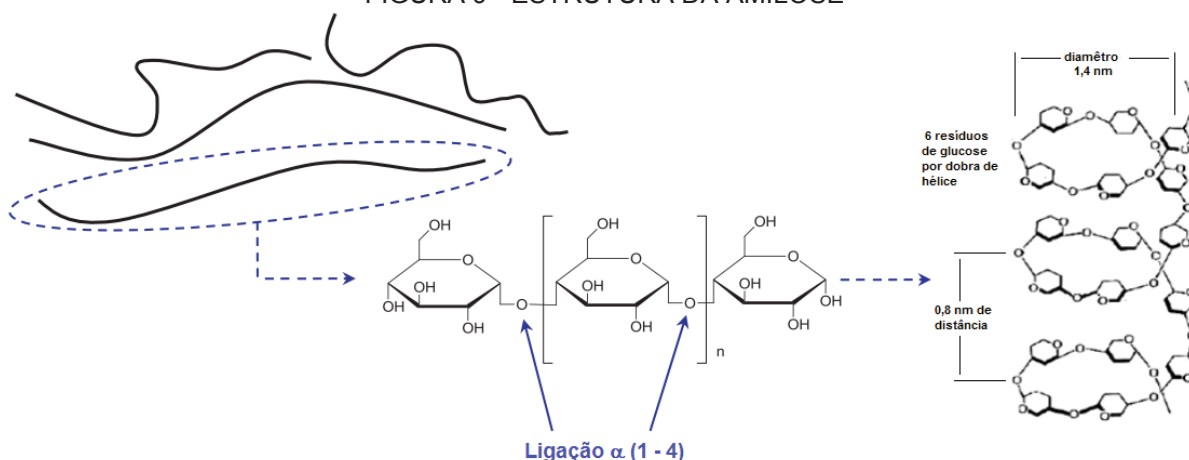
O amido é um carboidrato do tipo biomacromolécula, a qual é constituída principalmente por unidades de glucose unidas por ligações glicosídicas. Ele é um polissacarídeo de reserva sintetizado por um grande grupo diversificado de enzimas, produzido pelas plantas para armazenamento de energia durante longos períodos, nas épocas de dormência e germinação. O amido nativo ou cru ocorre como pequenas estruturas semi-esféricas (microscópicas) chamadas grânulos, em vários

tipos de tecidos e órgãos de plantas, por exemplo, folhas, raízes, frutos, grãos e caules. O amido é sintetizado nos cromoplastos das folhas e amiloplastos de órgãos de reserva, pela polimerização da glucose abundante produzida na fotossíntese (PÉREZ; BERTOFT, 2010; PREISS, 2004; RATNAYAKE; JACKSON, 2008; ZHU, 2015).

O tamanho, o formato e o arranjo molecular dentro dos grânulos dependem de inúmeros fatores, como a variedade da origem botânica, forma de extração, interações genético-ambiental. Mas independentemente desses fatores, todos os amidos são compostos por 2 componentes estruturais: amilose e amilopectina. Ambos são polímeros de apenas α -D-glucose ligadas por ligações $\alpha(1-4)$ em cadeias lineares (chamadas amiloses) ou em cadeias mais longas e ramificadas unidas por ligações $\alpha(1-4)$ e $\alpha(1-6)$ (chamadas amilopectina) (PREISS, 2004; RATNAYAKE; JACKSON, 2008).

A amilose (Figura 9) consiste de uma ou poucas cadeias longas, na qual cerca de 99,5 % é linear, e o restante corresponde às ramificações (0,5 %), com massa molecular na ordem de 250.000 Daltons (HOOVER, 2010; SAJILATA; SINGHAL, KULKARNI, 2006) e grau médio de polimerização de 800-4920 (VANDEPUTTE; DELCOUR, 2004), que se referencia ao número de unidades estruturais repetidas que essa macromolécula apresenta. Este componente é minoritário na composição da maioria dos amidos, entretanto na maioria dos grânulos, tem grande influência sobre suas propriedades (BERTOFT, 2004).

FIGURA 9 - ESTRUTURA DA AMIOLOSE



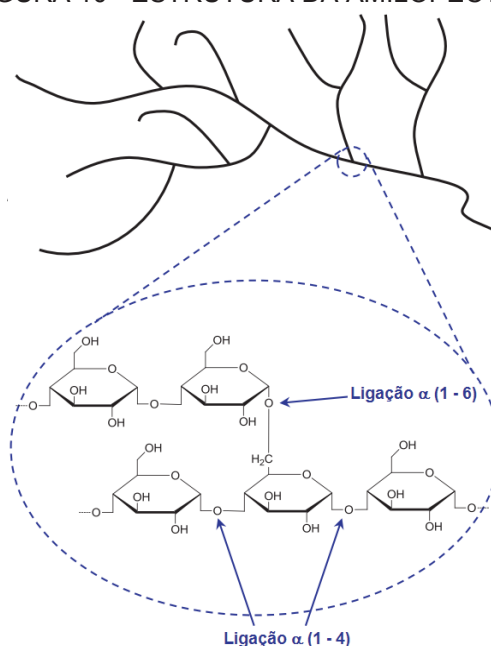
FONTE: Adaptado de PASCOAL (2014) e XIE et al. (2013).

A quantidade encontrada de amilose nos grânulos de amido varia entre 15 % e 25 %, entretanto podem-se encontrar espécies mutantes, chamadas de *amilose extender (ae)*. Nas espécies *ae* do milho, o conteúdo de amilose varia de 50 % a 85 %, no arroz de 35 % a 40 % e no trigo de 25 a 43 % (JIANG et al., 2015; RAKSZEI et al., 2015; VANDEPUTTE; DELCOUR, 2004).

A amilose, no espaço, assume conformação helicoidal, sendo responsável pela coloração azul negra ou marrom escuro, em presença de lugol (iodo + iodeto de potássio), teste utilizado para verificar a presença de amido em uma determinada amostra. Quando o íon triiodeto (presente na solução de lugol) interage com a amilose fica aprisionado em seu interior, formando o complexo amido-iodo (BRUNO, 2014; DENARDIN; SILVA, 2009).

A amilopectina (Figura 10) além das ligações do tipo α (1-4), apresenta um grande número de cadeias mais curtas, que estão ligadas entre si pela extremidade redutora fazendo uma ligação do tipo α (1-6), o que torna este polissacarídeo amplamente ramificado, com cerca de 5-6 % de ramificações distribuídas ao longo da cadeia principal da molécula, além de ser muito maior que a amilose, possuindo uma massa molecular de até 500.000.000 Daltons (BERTOFT, 2004; DENARDIN; SILVA, 2009; ZHU, 2015) e grau médio de polimerização de 4700-12800, variando muito com a origem botânica (VANDEPUTTE; DELCOUR, 2004). As cadeias individuais variam na faixa de 10 a 100 unidades de glucose (HOOVER, 2010).

FIGURA 10 - ESTRUTURA DA AMILOPECTINA



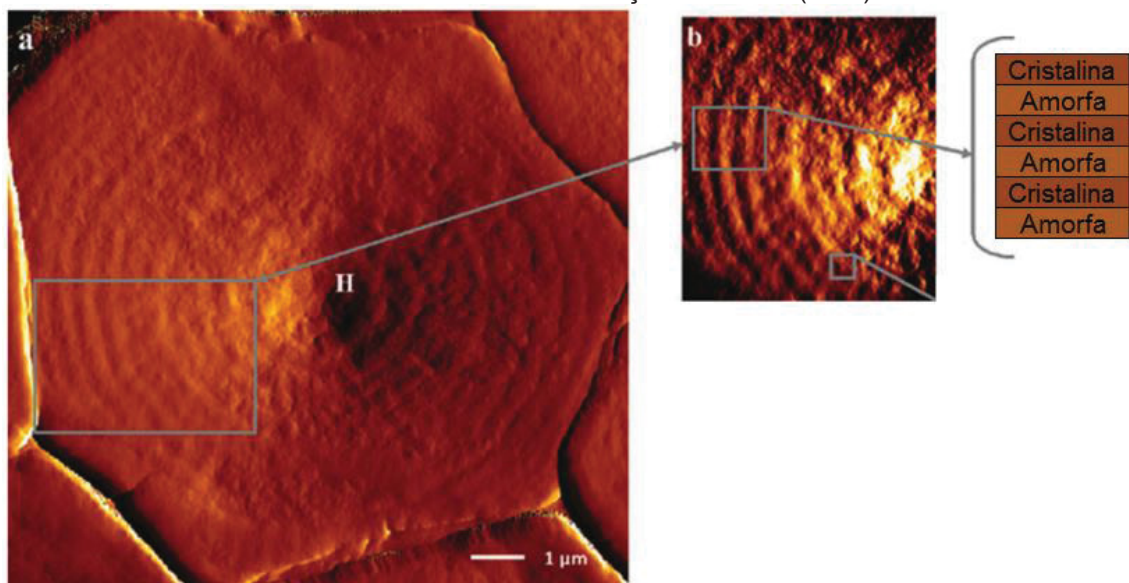
FONTE: Adaptado de XIE et al. (2013)

No aspecto estrutural, como também no funcional, a amilopectina é fração mais importante do amido, tendo em vista que sozinha consegue formar o grânulo, como se observa em espécies mutantes, chamadas de amidos cerosos (em inglês *waxy*), os quais não possuem amilose em sua composição (DENARDIN; SILVA, 2009).

A amilose e a amilopectina se comportam de maneira distintas, a amilose tem uma tendência maior a retrogradar, que muitas vezes é indesejada em alimentos, mas tem o poder de formar géis duros e filmes fortes sendo interessante em outros casos. Já a amilopectina quando dispersa em água, pós-aquecimento, retrograda de forma muito mais lenta, resultando em géis macios e filmes fracos (WITCZAK et al., 2016).

Os grânulos de amido são semi-cristalinos. A cristalinidade varia de 15 a 45 % dependendo da fonte botânica e composição do amido. A cristalinidade nos polímeros ocorre devido a uma zona amorfa e outra cristalina, que no amido refere-se respectivamente à amilose e amilopectina (MATIGNON; TECANTE, 2017; ROCHA; DEMIATE, FRANCO, 2008). Na Figura 11 tem a configuração dessas zonas no grânulo de amido do trigo sarraceno.

FIGURA 11 - DISPOSIÇÃO DAS ZONAS CRISTALINAS E AMORFAS DO AMIDO OBSERVADO POR MICROSCOPIA DE FORÇA ATÔMICA (AFM).



FONTE: NEETHIRAJAN et al. (2012).

Na indústria alimentícia o amido possui inúmeras funções, sendo algumas delas: melhorador de textura, espessante, agente de volume, retentor de água. Ele pode ser utilizado em sua forma nativa, mas não é usual, por isso normalmente são feitas modificações (químicas, físicas ou enzimáticas) a fim de se melhorar as propriedades do amido nativo, obtendo propriedades desejáveis, como géis mais transparentes, menor retrogradação, menores temperaturas de gelatinização, entre outros (WITCZAK et al., 2016).

O amido é um dos ingredientes mais importantes em panificação e funciona como um dos pilares da estrutura da massa, agindo no produto como espessante, ligante de água, estabilizador da emulsão e gelificante. Após a modificação os amidos têm sua gelatinização facilitada, afetando algumas propriedades dos produtos de panificação, como a vida de prateleira (*shelf-life*) e digestibilidade (DAMODARAN; PARKIN, FENNEMA, 2010; PALABIYIK et al., 2016).

A importância desse polissacarídeo dentro da panificação se dá pela firmeza que o amido fornece ao pão após o resfriamento, ocasionado pelas moléculas de amilose que se associam. Além de influenciar até mesmo na vida de prateleira do produto, pois durante a estocagem, as ramificações da amilopectina acabam se associando produzindo endurecimento do pão (DAMODARAN; PARKIN, FENNEMA, 2010).

3.1 PROPRIEDADES DOS AMIDOS

A maior parte do amido consumido pelos humanos sofreu alguma forma de processamento, que geralmente envolve aquecimento na presença de umidade sob cisalhamento e, em seguida, resfriamento (COPELAND et al., 2009).

Quando se adiciona água sobre o amido, os grânulos se conectam por meio de suas moléculas, desenvolvendo uma estrutura contínua a qual apresenta propriedades viscoelásticas interessantes. Quando se adiciona água em excesso, os grânulos se sedimentam de forma lenta, pois são insolúveis em água (WITCZAK et al., 2016). Em água fria, ocorre em torno de 10 a 20 % de intumescimento dos grânulos do amido, devido à difusão e absorção de água pelas regiões amorfas, processo esse reversível (DENARDIN; SILVA, 2009).

Durante o tratamento térmico, os grânulos de amido são gelatinizados, perdendo sua cristalinidade e organização estrutural (COPELAND et al., 2009).A

gelatinização é um fenômeno dependente de uma entrada de grande quantidade de energia, alta temperatura e excesso de água, resultando na perda das ordens moleculares dos grânulos de amido (MATIGNON; TECANTE, 2017).

Quando em presença de excesso de água e aquecimento, os grânulos de amido incham de forma irreversível, pois sofrem uma transição de fase conhecida por gelatinização (um processo endotérmico). Inicialmente, a zona amorfa (referente à amilose) absorve água, há a hidratação e expansão radial dos grânulos de amido com a perda da birrefringência óptica, a cristalinidade do amido diminui, pois há um desenrolamento e dissociação das duplas hélices (referentes às regiões cristalinas, ou seja, amilopectina) e os materiais solúveis são lixiviados para fora do grânulo. Há um aumento da viscosidade com o aquecimento dos grânulos, devido ao seu intumescimento conforme absorvem água até romperem gradualmente (CHEN et al., 2017; DAMODARAN; PARKIN, FENNEMA, 2010; DENARDIN; SILVA, 2009; HOOVER, 2001).

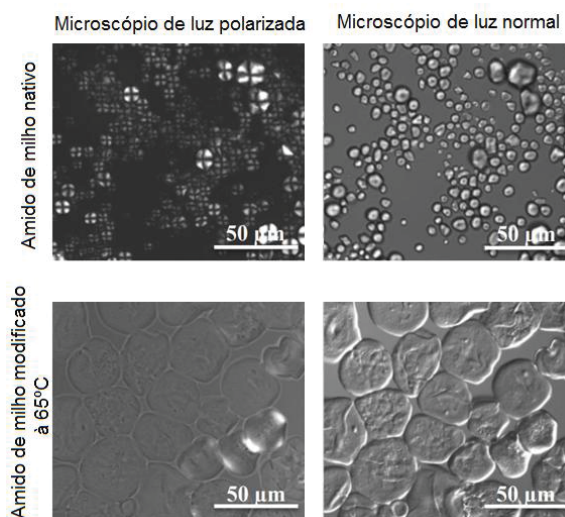
Cada amido tem uma faixa de ocorrência da gelatinização, o que pode variar com comprimento de cadeia, extensão de ramificação e massa molecular da amilopectina, proporção de amilose:amilopectina, esses fatores se alteram de acordo com a origem botânica da qual o amido foi obtido (SINGH et al., 2003). Algumas temperaturas iniciais de gelatinização encontradas na literatura são: 60 °C para amido de pinhão (CORDOBA et al., 2016), 67,91 °C para amido de banana verde (SILVA et al., 2015), 65,07 °C para o amido de ervilhaca (BET et al., 2016); 60,19 °C para amido de batata, 63,71 °C para amido de mandioca, 67,44 °C para amido de milho e 73,35 °C para amido de cará (*Dioscorea sp.*) (HORNUNG et al., 2016).

A birrefringência é uma propriedade observada no amido devido à sua característica cristalina. Ocorre quando há decomposição de um raio de luz em dois raios ao passar pelas zonas cristalinas do amido. A cristalinidade do amido é causada essencialmente por interações de amilopectina. Acredita-se que os ramos externos das moléculas de amilopectina interagem para se organizarem em cristalitos formando lamelas cristalinas dentro do grânulo (RATNAYAKE; JACKSON, 2008).

Como mostra a Figura 12, do estudo de Chen et al. (2017), antes dos grânulos de amido serem aquecidos, apresentam costumeiramente a cruz de malta. Isso acontece devido à birrefringência (ou dupla refração) existente no grânulo sob

microscopia de luz polarizada. Entretanto, quando a amostra foi aquecida a 65 °C, a birrefringência característica dos grânulos de amido desapareceu, além de uma evidente diferença na morfologia dos grânulos onde se observou um inchaço dos mesmos.

FIGURA 12 - OBSERVAÇÃO SOB LUZ NORMAL E POLARIZADA DOS GRÂNULOS DE AMIDO DE MILHO NATIVO E AQUECIDO A 65 °C.



Fonte: Adaptado de Chen et al. (2017)

O centro da cruz de Malta, chamado de centro ou “hilum”, demarca onde se iniciou a formação deste grânulo. A birrefringência acontece pela grande orientação molecular interna do grânulo (DENARDIN; SILVA, 2009).

Quando a pasta de amido é arrefecida, os polissacarídeos do amido (amilose e amilopectina) se reassociam a um estado mais ordenado ou cristalino. Após o arrefecimento, as moléculas de amido desagregadas formam um gel e depois retrocedem gradualmente para agregados semicristalinos que diferem na forma dos grânulos nativos. Este processo é denominado retrogradação. A retrogradação é um processo contínuo que ocorre durante um período prolongado. Para que ocorra a reorganização da amilopectina são necessários longos períodos de tempo (horas a dias), enquanto que para a amilose a retrogradação ocorre mais rapidamente (minutos a horas), dependendo da capacidade das cadeias em formarem associações. Por isso, se costuma dizer que a principal responsável pela retrogradação em produtos alimentícios é a amilose (ARENDT et al., 2008; COPELAND et al., 2009; RATNAYAKE; JACKSON, 2008).

Quando ocorre a retrogradação do amido, há um aumento do grau de cristalinidade, o gel se torna mais firme e libera água (sinérese) e o padrão de raios

X podem ser alterados. A velocidade de formação e crescimento dos núcleos cristalinos é influenciada pela temperatura de armazenamento do produto (AMBIGAIPALAN et al., 2013).

Inúmeros fatores influenciam a ocorrência da retrogradação: proporção amilose/amilopectina, comprimento da cadeia de amilopectina, teor de fósforo, co-cristalização de amilose com a amilopectina e grau de pureza do amido, com presença de componentes não-amiláceos (lipídios, proteínas e oligossacarídeos) (AMBIGAIPALAN et al., 2013).

4. PANIFICAÇÃO

Os primeiros registros de pães são do período Neolítico. O primeiro pão foi feito em torno de 10.000-12.000 a.C. No período de 8.000 a.C. a 600 d.C. o pão já existia nos vales dos rios Tigre e Eufrates, na antiga Mesopotâmia e no vale do rio Hindu, mas o pão ainda não era semelhante ao pão que conhecemos (em formato ou métodos de produção), ele era desenvolvido por uma mistura de farinha de grãos e água (MONDAL; DATTA, 2008).

Segundo a Resolução da Diretoria Colegiada - RDC nº 263, de 22 de setembro de 2005, “Pães: são os produtos obtidos da farinha de trigo e ou outras farinhas, adicionados de líquido, resultantes do processo de fermentação ou não e cocção, podendo conter outros ingredientes, desde que não descaracterizem os produtos. Podem apresentar cobertura, recheio, formato e textura diversos” (BRASIL, 2005). Estes outros ingredientes podem ser: sal, açúcar, gordura, ovos e outros aditivos alimentares e coadjuvantes de tecnologia.

A água e a farinha de trigo são os ingredientes de maior destaque e importância na massa do pão. As quantidades de todos os demais ingredientes são calculadas proporcionalmente sobre a farinha de trigo utilizada, a qual corresponde a uma base de 100 % (MONDAL; DATTA, 2008).

Quando misturada com água, a farinha de trigo forma uma massa viscoelástica, após homogeneização (SCHEUER et al., 2011). As propriedades fornecidas pelas farinhas de trigo aos produtos são únicas, em especial as ligadas com a viscoelasticidade da massa, pois esta permite a retenção do dióxido de carbono (CO₂) resultante do processo fermentativo. Essa elasticidade da massa é atribuída principalmente ao complexo protéico, conhecido por glúten. O glúten é

formado pela hidratação e ação mecânica das proteínas gliadina e glutenina (MUGGAH; DUIZER, MCSWEENEY, 2016), onde a fração de gliadina (solúvel em água-álcool) é responsável pelo comportamento viscoso da massa e a fração de glutenina (insolúvel) representa comportamento elástico (SILOW et al., 2016; SIVAM et al., 2010). O glúten é encontrado em produtos feitos a partir das farinhas de trigo, centeio e cevada (MUGGAH; DUIZER, MCSWEENEY, 2016).

Utiliza-se aproximadamente de 60-66 % de água na formulação de um pão convencional. A maioria das fórmulas de pão artesanal contém entre 60-75 % de água (MONDAL; DATTA, 2008). A água tem uma função maior do que somente ajudar na dispersão dos ingredientes homogeneamente. Grande parte da água adicionada para formar a massa é absorvida por grupos hidrofílicos nas moléculas de proteína e amido (SCANLON; ZGHAL, 2001).

A fração de gordura adicionada ao pão pode ser óleo, manteiga ou banha. Ajuda a melhorar a plasticidade e tolerância à fermentação das massas. Além de aperfeiçoar a maquinabilidade, ou usinabilidade, do produto. A gordura melhora a extensibilidade da massa, por lubrificar o glúten, reduz o atrito entre as camadas de glúten e reduz a absorção de água da formulação. Fornece maciez e sabor à massa, além de prolongar a vida de prateleira do pão, pois ajuda a manter a umidade da massa (NESPOLO et al., 2015).

A adição do cloreto de sódio (NaCl), comumente conhecido como sal ou sal de mesa, na massa tem o propósito de fortalecer o glúten, o tornando mais estável e menos extensível, ou seja, menos pegajoso. Também afeta a taxa de fermentação, reduzindo a taxa de produção de gás pela levedura. O sal melhora as propriedades da textura e a capacidade de ligação da água da massa. O cloreto de sódio também atua como conservante contra a deterioração microbiana, reduzindo a atividade da água, além da contribuição no sabor da massa (BELZ; RYAN, ARENDT, 2012; SILOW et al., 2016).

Apesar dos problemas de saúde relacionados ao consumo de cloreto de sódio, ele é fundamental para a qualidade do pão, e se for adicionado em quantidades muito inferiores na massa, ocorre um enfraquecimento da rede de glúten, aumentando a viscosidade da massa, o que industrialmente não é interessante, causando problemas nas linhas de produção, levando a prejuízo financeiro (SILOW et al., 2016). Existem estudos sobre a substituição do cloreto de sódio (NaCl) por cloreto de potássio (KCl), entretanto sabe-se que adição de cloreto

de potássio é restrita devido ao sabor amargo que fornece ao produto (GUSMÃO et al., 2017).

A fermentação do pão ocorre a partir dos açúcares da própria farinha, que são liberados a partir da quebra do amido pelas enzimas intrínsecas da farinha (como a alfa-amilase) e/ou dos açúcares adicionados a formulação. O fermento biológico (*Saccharomyces cerevisiae*), conhecido também por fermento de padaria, é o responsável pela fermentação do produto. Como produto da fermentação, o açúcar é convertido em água e CO₂ (MONDAL; DATTA, 2008). A levedura *Saccharomyces cerevisiae* precisa de um meio aeróbico para se desenvolver durante o amassamento da massa e de um meio anaeróbico para fermentar. Sua principal função é fermentar a massa e também gerar compostos voláteis que são importantíssimos para o aroma característico do pão (PICO; BERNAL, GÓMEZ, 2015).

O pão apesar de ser considerado um material sólido, é "macio", pois é composto por duas fases distintas a nível macroscópico: um fluido (ar) e um sólido (massa/migalhas do pão). Por meio da microscopia de uma fatia de pão é possível observar a migalha do pão toda unida, e em seu meio os alvéolos, formados pelo ar (SCANLON; ZGHAL, 2001).

Na produção do pão tradicional as primeiras moléculas de gás são incorporadas por meio do processo de sovar a massa. Então, os alvéolos crescem inicialmente através da produção química ou biológica do dióxido de carbono (CO₂) e, posteriormente, pela evaporação e expansão do gás causada pelo calor. Tanto a incorporação como a estabilização do gás na massa são cruciais para a formação de alvéolos de qualidade (ELGETI; JEKLE, BECKER, 2015).

Os aspectos referentes à qualidade do pão advêm de mudanças físicas, químicas e bioquímicas que ocorrem durante o assamento do pão, ou seja, formação de estrutura porosa e aberta, evaporação da água, expansão do volume, gelatinização do amido, desnaturação de proteínas, produção de dióxido de carbono, formação e desenvolvimento da crosta, por meio do escurecimento (reação de *Maillard* e caramelização) (MONDAL; DATTA, 2008; PURLIS; SALVADORI, 2009).

Quatro fases existem no processo de assamento do pão: matéria sólida (massa), água líquida, vapor de água e CO₂. O vapor de água e o CO₂ são os gases dominantes no pão. Diversos fenômenos de transporte ocorrem durante o

assamento, como transferência de calor, transporte de água líquida e vapor de água, bem como transporte de CO₂. A deformação da massa do pão acontece devido ao acúmulo da pressão interna, resultado da geração de vapor e CO₂ (ZHANG; DATTA, 2006). Pelas altas temperaturas do assamento, o vapor de água e CO₂ presentes na massa se expandem e atuam como um agente isolante, impedindo assim que a massa do pão aumente drasticamente de temperatura, diminuindo a possibilidade da evaporação excessiva da umidade da massa (MONDAL; DATTA, 2008).

Sciariniet al. (2010) afirmam que alguns fatores podem influenciar na consistência da massa do pão e na taxa de gelatinização ou retrogradação, como: a granulometria ou o tipo de amido, conteúdo de amilose/amilopectina, e se houve modificação química e/ou física do grânulo. Todos estes parâmetros estão fortemente relacionados à qualidade do pão.

4.1 PANIFICAÇÃO SEM GLÚTEN

O pão convencional é um alimento que está presente na alimentação de toda humanidade, entretanto, esse consumo está diminuindo, provavelmente pelas mudanças dos hábitos alimentares, tendo em vista que as pessoas estão em busca de produtos com grãos alternativos, visando à saúde (MUGGAH; DUIZER, MCSWEENEY, 2016). Outro motivo para a procura de pães diferenciados são as restrições alimentares, pacientes que são intolerantes à proteína do trigo (glúten), conhecidos como celíacos (TORBICA; HADNADEV; DAPČEVIĆ, 2010).

No Brasil, a Lei Federal nº 8543 de 23 de dezembro de 1992 “Determina a impressão de advertência em rótulos e embalagens de alimentos industrializados que contenham glúten, a fim de evitar a doença celíaca ou síndrome celíaca”, ou seja, obrigatoriamente os rótulos devem conter a informação: CONTÉM GLÚTEN ou NÃO CONTÉM GLÚTEN (BRASIL, 1992).

Como alternativa ao pão convencional, nos pães sem glúten, se adiciona carboidratos (como hidrocolóides e amidos) e enzimas na tentativa de suprir o déficit tecnológico da ausência do glúten, melhorando a viscoelasticidade da massa, entretanto causa uma perda na qualidade nutricional, principalmente na ingestão de proteínas, especificamente aminoácidos. Usualmente o teor de carboidratos e gorduras do pão isento de glúten é alto enquanto o teor de proteína é baixo (MIRANDA et al., 2014; NAQASH et al., 2017).

Como a demanda por produtos livre de glúten está aumentando, as indústrias alimentícias estão buscando produzir pães sem glúten com características semelhantes ao pão convencional. O que é um grande desafio tecnológico pela falta da rede de glúten, o que prejudica a retenção dos gases da fermentação, resultando em um miolo de baixa qualidade, além do rápido endurecimento o que causa uma diminuição da vida de prateleira (MUGGAH; DUIZER, MCSWEENEY, 2016).

De forma simplificada, as farinhas são pós, obtidos pela trituração e moagem de sementes, frutos e raízes, que podem ser utilizadas na fabricação de alimentos. Na panificação sem glúten para substituir a farinha de trigo, é conveniente que as farinhas utilizadas contenham amido como seu componente majoritário (WITCZAK et al., 2016).

O amido é o principal agente de formação de textura e estrutura, utilizado em produtos de panificação sem glúten, podendo ser adicionado em seu estado nativo ou seus derivados, tais como amidos quimicamente modificados (química, física ou enzimaticamente), resistentes, maltodextrinas (parcialmente hidrolisados) (NAQASH et al., 2017).

Os emulsificantes na massa do pão são adicionados a fim de conferir maior força para que a massa possa ser manuseada por máquinas, melhorar a taxa de hidratação, a estrutura dos alvéolos, a característica de corte, a capacidade de retenção de gás e prolongar a vida útil (MONDAL; DATTA, 2008).

Muitos estudos estão sendo feitos a fim de desenvolver um pão sem glúten de qualidade, pela necessidade de melhorar os produtos já existentes. A utilização de farinhas derivadas de cereais menores, pseudocereais e outras culturas não tradicionais, têm sido estudadas a fim de serem incluídas na formulação de pães para obtenção de um produto mais saudável com excelentes propriedades sensoriais (DALL'ASTA et al., 2013). Alguns desses produtos de panificação sem glúten desenvolvidos estão relacionados no Quadro 2.

Na fabricação de pão sem glúten os amidos mais comumente utilizados são o proveniente do milho e de tubérculos, como batata e tapioca (MASURE; FIERENS, DELCOUR, 2016).

QUADRO 2- ALGUNS PRODUTOS DE PANIFICAÇÃO SEM GLÚTEN DESENVOLVIDOS.

Base utilizada para a produção do pão	Diferencial da pesquisa	Referência
Amido de milho e farinha de arroz	Uso de hidroxipropilmetilcelulose (HPMC), goma xantana, k-carragena e guar.	Sabanis e Tzia (2011)
Amido de milho	Utilização de farinha de grão de bico, isolado de ervilha, farinha de germe de alfarroba ou farinha de soja como fonte de proteína.	Miñarro et al. (2012)
Farinha de Arroz	Uso de goma de guar e transglutaminase.	Mohammadi et al. (2015)
Farinha de arroz, farinha de batata e de amido de milho	Enriquecimento dos pães com combinações de: gema de ovo, semente de papoula, girassol, linho, abóbora, amaranto e avelã.	Świeca et al. (2015)
Farinha de arroz e amido de batata, mandioca e polvilho azedo	Adição de farinha de quinoa e amaranto	Alencar et al. (2015)
Farinha de arroz	Utilizou como emulsificantes: concentrado protéico de farelo de arroz e albumina de ovo.	Phongthai et al. (2016)

Apesar das inúmeras pesquisas e oferta de produtos sem glúten, estes produtos ainda se demonstram nutricionalmente pobres quando comparados aos produtos com glúten ofertados ao consumidor, geralmente apresentam baixo teor de fibras, minerais, vitaminas (complexo B), ferro e folato (MIRANDA et al., 2014; YAZYNINA et al., 2008).

Segundo Mudgil, Barak e Khatkar (2016), os pães têm sido arduamente estudados a fim de se desenvolver produtos funcionais por meio de fortificação de ingredientes ativos, como fibras alimentares, peptídeos bioativos, minerais, vitaminas, entre outros, aumentando assim os valores nutricionais do produto.

Para melhorar a qualidade nutricional dos produtos sem glúten Moroni, Dal Bello e Arendt (2009) sugerem o uso de uma mistura de farinha e água fermentada com bactérias de ácido láctico e leveduras, mas a alternativa mais utilizada e estudada é a adição de farinhas sem glúten, ricas em proteínas como, por exemplo, arroz, soja e ervilhas (MIRANDA et al., 2014; MOHAMMADI et al., 2015; ZIOBRO et al., 2016).

Outro aspecto fundamental na panificação sem glúten é a incorporação de ar na massa. Diferente de uma massa com glúten, que para amassar é somente necessário um espiral ou um gancho para correta incorporação dos ingredientes e

aeração da massa, a massa livre de glúten por ser mais pegajosa e menos coesiva, necessita de outro equipamento a fim de se garantir uma distribuição homogênea dos componentes evitando zonas estagnadas e assim obter uma completa mistura e aeração da massa. O processo de mistura influencia grandemente no número e no tamanho dos alvéolos dentro do pão. Em pães sem glúten, devido à falta de rede de glúten e uma massa de consistência semelhante à massa de bolo, uma alternativa interessante para misturar e aerar a massa é misturar com alta velocidade em uma batedeira planetária (ELGETI; JEKLE, BECKER, 2015).

4.1.1 Farinha de arroz na panificação sem glúten

O arroz (*Oryza sativa*) é um cereal de grande importância na panificação sem glúten, com propriedades únicas como facilidade de digestão, insipidez, ausência de coloração e características hipoalergênicas. Além disso, seu uso é interessante por ter baixo conteúdo de sódio, gordura e alta quantidade de carboidratos que são facilmente digeridos (MATOS; ROSELL, 2012); e por não apresentar a gliadina em sua composição (KADAN et al., 2001). Por isso o arroz é considerado um substituto adequado para o trigo, quando se trata de panificação sem glúten, pois está disponível em todo o mundo e é menos alergênico (YANO, 2017).

Entretanto o arroz contém uma quantidade relativamente pequena de prolamina (2,5-3,5 %), sendo necessária a adição de hidrocolóides, gomas, emulsificantes, enzimas ou produtos lácteos para que a mistura tenha a viscosidade necessária para reter os gases da fermentação, o que é importante para a qualidade dos pães (GUJRAL; ROSELL, 2004; DEMIRKESEN et al., 2010).

A farinha de arroz é o produto obtido pela moagem do grão de arroz (*Oryza sativa* L.). Aproximadamente 14 % dos grãos de arroz são quebrados durante seu beneficiamento, diminuindo seu valor para revenda pela indústria. Então esses grãos de baixo valor comercial são triturados, e revendidos em forma de farinha (NABESHIMA; EL-DASH, 2004).

Na panificação sem glúten a farinha de arroz exige uma quantidade elevada de água, para que a massa fique com a consistência adequada em comparação com a massa de farinha de trigo. Quando se adiciona grandes quantidades de água há

uma melhora considerável do comportamento da massa durante a mistura, ou seja, fornecendo maior estabilidade (TORBICA; HADNAĐEV; DAPČEVIĆ, 2010).

Segundo Foschia et al. (2016) e Masure, Fierens e Delcour (2016) comercialmente a farinha de arroz é a que se apresenta em maior quantidade na formulação de pães sem glúten, estando em 59,30 % da formulação de 27 pães avaliados.

López, Pereira e Junqueira (2004) comprovaram que o pão elaborado a partir da farinha de arroz (em comparação a de milho e mandioca) apresentou melhores parâmetros, resultando em um produto com consistência mais interessante com pequenos alvéolos distribuídos homogeneamente.

4.1.2 O trigo sarraceno em produtos alimentícios sem glúten

O trigo sarraceno é um importante ingrediente de vários pratos tradicionais asiáticos, russos e europeus (HEFFLER et al., 2007). Na Europa, a farinha de trigo sarraceno é usada principalmente em pratos regionais tradicionais, como “french gallettes” (crepe da Bretanha), “poffertjes” (pequenas panquecas holandesas), “pizzoccheri” (massa regional da Valtellina, norte da Itália), e “Polenta Taragna” (mingau quente do norte da Itália) (HEFFLER et al., 2011). Na Rússia, o trigo sarraceno está nas formulações de panquecas (“blinis”) e do mingau “kasha” desenvolvido a partir do cozimento de grãos miúdos ou quebrados, em excesso de água, comumente dado a crianças pequenas como alimento principal. Está presente também em vários pratos tradicionais asiáticos, como no macarrão japonês “soba”, macarrão coreano “Naengmyeon” e geléia coreana “memilmuk” (HEFFLER et al., 2014).

Na área de panificação e correlatos muitos estudos têm sido feitos a partir da farinha do trigo sarraceno pela qualidade nutricional diferencial desse grão, alguns desses estudos foram relacionados no Quadro 3.

QUADRO 3 - ARTIGOS ONDE FORAM DESENVOLVIDOS PRODUTOS COM TRIGO SARRACENO.

Produtos desenvolvidos	Referência
<i>Noodles</i> utilizando farinha de trigo sarraceno	Bilgiçli (2008)
Pão desenvolvido com farinha de arroz, soja, trigo sarraceno e amido de batata	Pop e Cozmuta (2009).
Mini pizzas onde a farinha de trigo sarraceno foi utilizada em associação com a de arroz e soja	Rodrigues e Oliveira (2010)
Biscoitos sem glúten com a farinha de arroz e trigo sarraceno como base em três razões diferentes	Torbica, Hadnađev e Hadnađev (2012)
Pães enriquecidos com trigo sarraceno e HPMC, a partir de duas formulações de farinhas comerciais convencionais	Mariotti, Pagani e Lucisano (2013)
Pães de trigo convencional enriquecido com trigo sarraceno	Stokic et al. (2015)
Diferentes formulações de biscoitos a partir de farinha de trigo sarraceno, com farinha de milho e/ou farinha de arroz	Altındağ et al. (2015)

5. PLANEJAMENTO DE MISTURAS

Quando se faz experimentos com misturas, os fatores por definição são os componentes ou ingredientes de uma mistura, sua soma deve ser igual a 100 %, e consequentemente, seus níveis não são independentes. Para uma mistura de q componentes, entende-se que x_1, x_2, \dots, x_q , são as proporções dos componentes (MONTGOMERY, 2013):

$$\sum_{i=1}^q x_i = 1$$

Onde: x_i representa a proporção do i -ésimo componente, com $0 \leq x_i \leq 1$.

Quando se têm 3 componentes na mistura, ou seja, $q = 3$, a região experimental é usualmente representado por um sistema de coordenadas trilinear (Figura 13) (MONTGOMERY, 2013).

As restrições estão ilustradas graficamente na Figura 14, onde para três componentes, o espaço da mistura é um triângulo com vértices correspondentes às misturas puras (misturas que são 100 % de um único componente) (MONTGOMERY, 2013).

Pode-se observar que cada lado da Figura 13 representa uma mistura de somente 2 componentes, ou seja, não tem aquele situado no vértice oposto, tratando-se de uma mistura binária. E nos vértices têm-se os componentes puros. Sendo assim, dentro do triângulo têm-se as misturas com os 3 componentes (misturas ternárias). As nove linhas dentro da grade em cada direção marcam 10 % dos respectivos componentes (MONTGOMERY, 2013).

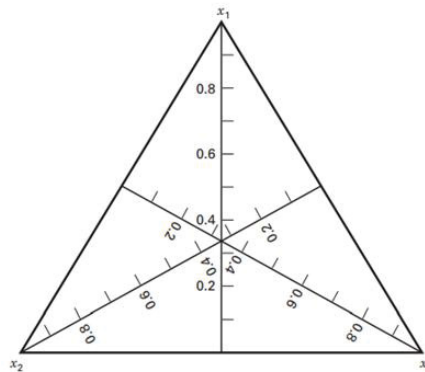


FIGURA 13 - SISTEMA DE COORDENADAS TRILINEAR.
FONTE: MONTGOMERY, 2013.

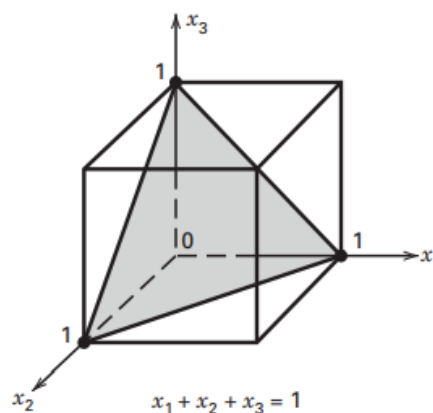


FIGURA 14 - ESPAÇO EXPERIMENTAL RESTRITO REPRESENTANDO MISTURAS COM 3 COMPONENTES.
FONTE: MONTGOMERY, 2013.

Durante o planejamento experimental com misturas, pode ser necessário se restringir a proporção de um ou mais componentes, não sendo necessário testar todas as combinações possíveis no intervalo de $0 \leq x_i \leq 1$. Essa sub-região está representada na Figura 15 (MONTGOMERY, 2013).

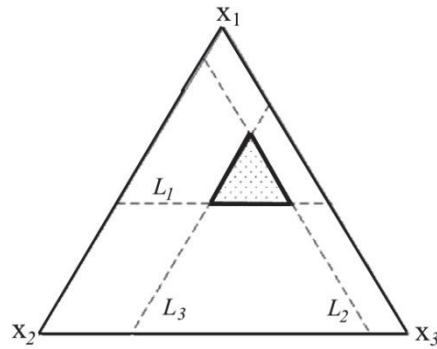


FIGURA 15 - SUB-REGIÃO DO ESPAÇO EXPERIMENTAL.
FONTE: MONTGOMERY, 2013.

Após se definir as limitações dos componentes de uma determinada mistura, passa a ser conveniente redefinir as coordenadas da sub-região formada em termos de “pseudocomponentes”. Os pseudocomponentes são as combinações dos três componentes originais (MONTGOMERY, 2013).

Os desenhos dos planejamentos simplex são utilizados para estudar os efeitos dos componentes de uma mistura na variável resposta. As duas classes principais de planejamento de misturas são o planejamento simplex lattice e o simplex-centróide (Figura 16) (MONTGOMERY, 2013).

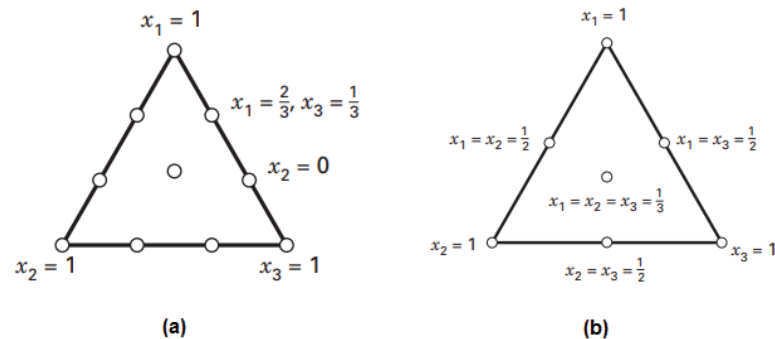


FIGURA 16 - EXEMPLO DE PLANEJAMENTO SIMPLEX LATTICE (a) E SIMPLEX CENTRÓIDE (b).
FONTE: MONTGOMERY, 2013.

Nos planejamento centróide simplex, os modelos padrões de mistura que são mais utilizados são (MONTGOMERY, 2013):

- Linear;

$$E(y) = \sum_{i=1}^p \beta_i x_i$$

- Quadrático;

$$E(y) = \sum_{i=1}^p \beta_i x_i + \sum_{i < j} \sum_{j=1}^p \beta_{ij} x_i x_j$$

- Cúbico completo;

$$E(y) = \sum_{i=1}^p \beta_i x_i + \sum_{i < j} \sum_{j=1}^p \beta_{ij} x_i x_j + \sum_{i < j} \sum_{j=1}^p \delta_{ij} x_i x_j (x_i - x_j) + \sum_{i < j < k} \sum_{k=1}^p \beta_{ijk} x_i x_j x_k$$

- Cúbico especial.

$$E(y) = \sum_{i=1}^p \beta_i x_i + \sum_{i < j} \sum_{j=1}^p \beta_{ij} x_i x_j + \sum_{i < j < k} \sum_{k=1}^p \beta_{ijk} x_i x_j x_k$$

Pode-se observar que no modelo linear β_i tendo efeito principal, no modelo quadrático β_i tendo efeito de interação binária e no modelo cúbico β_i tendo efeito de interação terciária (MONTGOMERY, 2013).

6. ANÁLISE SENSORIAL

A análise sensorial é definida pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) como a ciência relacionada com a avaliação dos atributos sensoriais de um produto pelos órgãos dos sentidos (ABNT, 2017).

Historicamente o interesse pela análise sensorial surgiu nos anos 40 e se desenvolveu principalmente nos anos 60-70. Esta ciência foi inicialmente desenvolvida para a Ciência e Tecnologia de Alimentos, mas com o tempo migrou para outros segmentos, como cosméticos, automotivos e têxteis (CAYOT, 2007).

A definição de características dos alimentos pela análise sensorial é importante para estabelecer a especificidade ou tipicidade dos produtos. Uma avaliação sensorial tradicional consiste em estabelecer os perfis sensoriais desses produtos (CAYOT, 2007).

A análise sensorial é uma área fundamental para a indústria alimentícia, pois por meio dela é possível se garantir o desenvolvimento, reformulações e a redução de custos de insumos sem afetar o sucesso do produto (KONKEL et al., 2004).

Na área de análise sensorial encontram-se diversos testes: os discriminativos (triangular, duo- trio, ordenação, comparação pareada e comparação múltipla), os descritivos (perfil de sabor, perfil de textura, análise descritiva quantitativa e perfil livre) e os afetivos (preferência, aceitação por escala hedônica, aceitação por escala ideal e intenção de compra) (ZENEBO; PASCUET, TIGLEA, 2008).

A análise sensorial viabiliza a coleta de dados referentes a um ou mais atributos de um determinado produto, sendo necessária posteriormente a análise dos dados coletados por meio de interpretação estatística. Os testes de comparação múltipla, aceitação por escala hedônica, perfil de textura e análise descritiva quantitativa, são usualmente analisados pela análise de variância (ANOVA), já o teste de ordenação é interpretado pelo teste de Friedman (DUTCOSKY, 2013).

7. CARACTERIZAÇÃO DE AMIDOS E FARINHAS

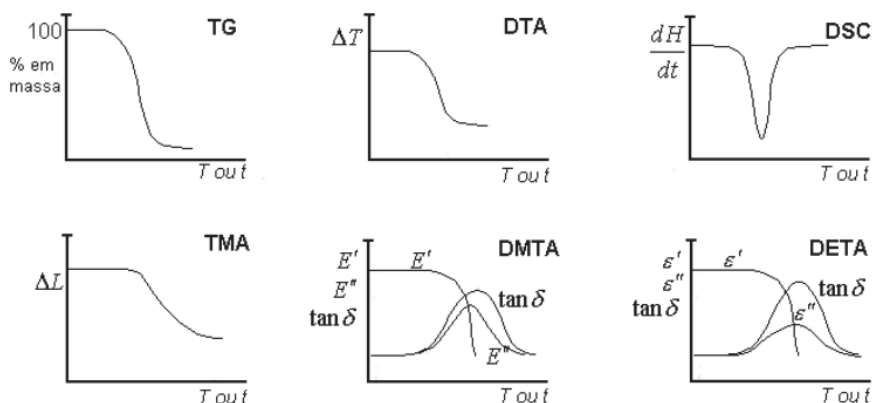
7.1 ANÁLISE TÉRMICA - TG/DTG E DSC

A análise térmica, definida pela Confederação Internacional de Análise Térmica (ICTA), é o termo utilizado para se referir a uma série de técnicas onde a propriedade física de uma substância e/ou do produto de uma reação é medida em função de uma temperatura programada (BRITAIN; BRUCE, 2006; MORITA, 1970).

A análise térmica abrange muitas técnicas clássicas, como termogravimetria (TG) ou análise termogravimétrica (TGA), análise de gás evoluído (EGA), análise térmica diferencial (DTA) e calorimetria diferencial de varredura (DSC), e outras técnicas modernas, como análise termomecânica (TMA), análise dinamo-mecânica (DMA) ou análise termodinâmico-mecânica (DMTA), análise termodielétrica (DETA) e dilatométrica (DIL) (RAMACHANDRAN et al., 2002).

Cada técnica termoanalítica fornece os resultados da análise na forma de curvas, em função da temperatura (T) ou do tempo (t). Estas curvas contêm as informações necessárias para interpretação dos resultados. Na Figura 17 estão apresentadas algumas das curvas das análises térmicas mais utilizadas.

FIGURA 17 - REPRESENTAÇÃO ESQUEMÁTICA DAS CURVAS OBTIDAS EM DIFERENTES ANÁLISES TÉRMICAS.



FONTE: Adaptado de LUCAS; SOARES; MONTEIRO (2001).

Sendo:

- TG: Análise Termogravimétrica;
- DTA: Análise Térmica Diferencial;
- DSC: Calorimetria Exploratória Diferencial;
- TMA: Análise Termomecânica;
- DMTA: Análise Térmica Dinâmico-Mecânica;
- DETA: Análise Termodielétrica.

Para que uma técnica térmica possa ser classificada por termoanalítica, uma propriedade física tem que ser medida e deve ser expressa como função da temperatura. Esta medição deve ser feita em um programa com a temperatura controlada (IONASHIRO; CAIRES, GOMES, 2014).

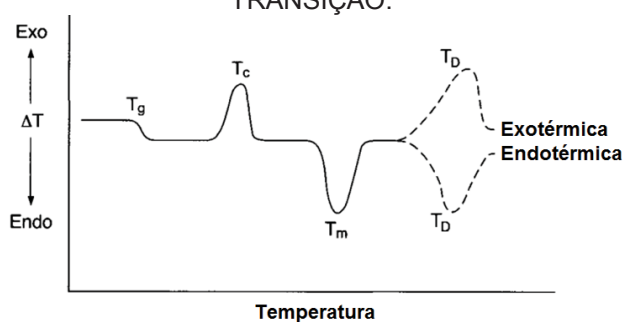
As medições da análise térmica são conduzidas com a finalidade de avaliar as alterações físicas e químicas, que podem ocorrer como resultado de reações termicamente induzidas na amostra. As reações mais comumente monitoradas na análise térmica podem ser: endotérmicas (fusão, ebulição, sublimação, vaporização, dessolvatação, transições de fase, degradação química, desidratação, redução) ou exotérmicas (cristalização, oxidação, gelatinização) (IONASHIRO; CAIRES, GOMES, 2014).

Na análise de amidos e farinhas, pela TG se obtém as temperaturas de degradação térmica da amostra, umidade, e até mesmo a resistência térmica até total carbonização (IONASHIRO; CAIRES, GOMES, 2014).

A Calorimetria Exploratória Diferencial (DSC) é uma técnica termoanalítica que possibilita a medição da diferença de energia (em forma de calor) fornecida a uma substância e um material referência, em função da temperatura, enquanto estes são submetidos a uma programação controlada de temperatura (IONASHIRO; CAIRES, GOMES, 2014).

As curvas DSC refletem mudanças de origem física ou química, na energia do sistema investigado. Nesta análise são determinadas as mudanças de entalpia devido a uma mudança de estado da amostra (MORITA, 1970). No DSC uma transição endotérmica, corresponde a um aumento na entalpia, ou seja, a energia é fornecida à amostra, enquanto que em um fenômeno exotérmico, há uma diminuição na entalpia (RAMACHANDRAN et al., 2002). Na Figura 18 estão exemplificados os tipos de curvas que podem ser obtidas por DSC.

FIGURA 18 - CURVA GENÉRICA OBTIDA POR DSC, REPRESENTANDO VÁRIOS TIPOS DE TRANSIÇÃO.



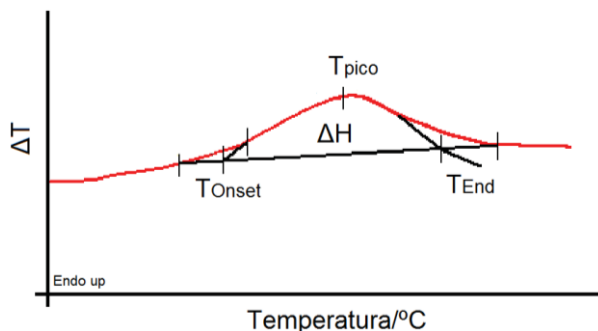
FONTE: MORITA (1970).

Sendo:

- ΔT - Fluxo de calor;
- T_g - Temperatura de transição vítrea;
- T_c - Temperatura de cristalização;
- T_m - Temperatura de fusão;
- T_D - Temperatura de degradação ou decomposição.

Por meio do DSC é possível estudar o fenômeno de gelatinização dos grânulos de amido em presença de água. Por meio da curva se obtém os valores de Temperatura inicial (T_{onset}), Temperatura de pico (T_p) e Temperatura Final (T_{end}), além de se obter a Entalpia (ΔH) envolvida em todo o fenômeno. A forma de se obter esses dados é por meio da curva fornecida pelo equipamento, que esta apresentada na Figura 19.

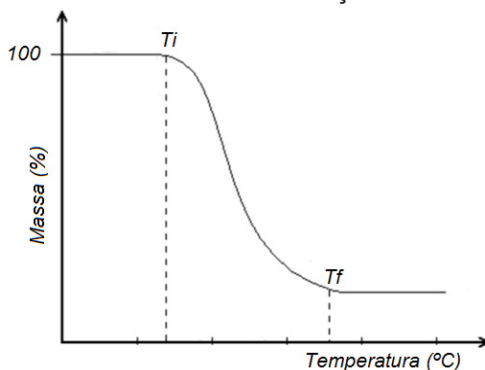
FIGURA 19 - DADOS OBTIDOS POR MEIO DO DSC PARA GELATINIZAÇÃO DO AMIDO.



FONTE: A autora (2019).

A termogravimetria (TG) é um processo contínuo, onde se mede a variação de massa, ou seja, se a amostra ganha ou perde massa, em função de uma variação de temperatura, ou do tempo a uma temperatura constante (modo isotérmico), sob uma atmosfera controlada (GUIGO; SBIRRAZZUOLI, 2018; LUCAS; SOARES; MONTEIRO, 2001). Temos um exemplo da curva TG na Figura 20.

FIGURA 20 - CURVA PADRÃO DE DECOMPOSIÇÃO TÉRMICA DE UM MATERIAL.



FORNTE: LUCAS; SOARES; MONTEIRO (2001).

Sendo:

T_i - Temperatura inicial;
 T_f - Temperatura final.

O resultado desta termoanálise geralmente é demonstrado em formato de curvas em um gráfico, onde a abscissa contém os registros de temperatura (ou do tempo) e a ordenada, o percentual de variação de massa (LUCAS; SOARES; MONTEIRO, 2001).

O equipamento de TG consiste em uma microbalança rodeada por um forno, junto a um computador que registra os ganhos ou perdas em massa. A massa é representada em função do tempo para estudos isotérmicos e em função da temperatura para experimentos com taxa de aquecimento constante. Esta técnica é muito útil para monitorizar a estabilidade térmica e a perda de componentes (por exemplo, óleos, plastificantes ou polímeros) (RAMACHANDRAN et al., 2002).

Métodos termoanalíticos, como TG, em que a degradação de um material pode ser medida sob condições que aceleram sua taxa, podem ser utilizados para prever a vida útil de um material, podendo ter grande importância comercial na indústria de construções, alimentos, farmacêutica, entre outros (RAMACHANDRAN et al., 2002).

A Termogravimetria Derivada (DTG) é um método matemático onde se obtém as curvas que correspondem à primeira derivada da curva TG, em função do

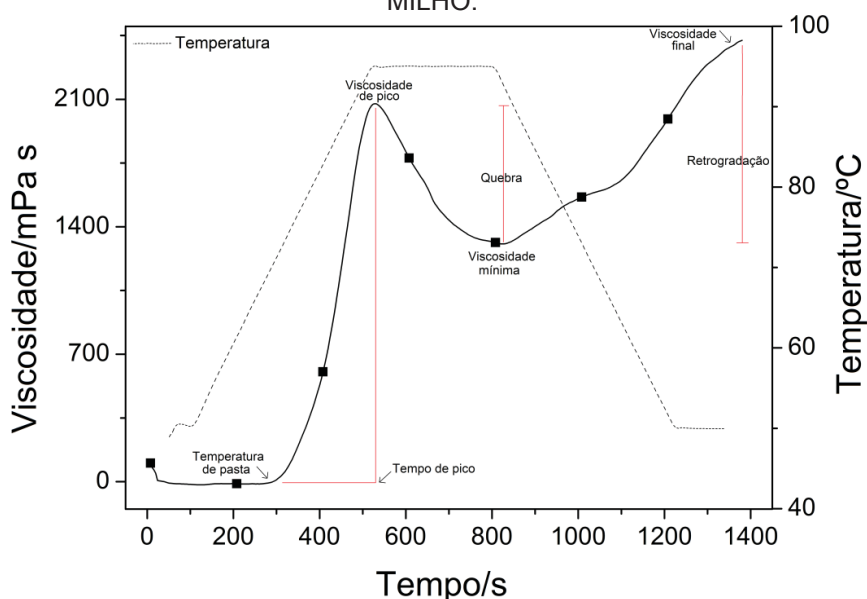
tempo ou da temperatura. Na curva DTG as perdas de massa da curva da TG são substituídas por picos que delimitam áreas proporcionais às alterações de massa sofridas pela amostra, tornando os dados mais visualmente acessíveis para serem interpretados (IONASHIRO; CAIRES, GOMES, 2014).

7.2 ANÁLISE REOLÓGICA - RVA

O comportamento de gelatinização e os perfis de pasta das misturas farinha-água e amido-água são comumente monitorados usando um rápido visco-analisador (RVA), que é um viscosímetro de aquecimento e resfriamento que mede a resistência de uma amostra, com cisalhamento controlado (COPELAND et al., 2009).

Por uma curva RVA típica é possível observar todo o processo de gelatinização do amido até a retrogradação (Figura 21). Durante a análise pode-se observar que inicialmente a viscosidade aumenta rapidamente com o aumento da temperatura à medida que o grânulo incha. A viscosidade de pico é atingida quando o inchaço dos grânulos foi equilibrado com os grânulos quebrados por agitação. Com a continuação da agitação, mais grânulos se rompem e se fragmentam, causando uma diminuição adicional na viscosidade, alcançando a viscosidade mínima. Com o resfriamento, algumas moléculas de amido se reassociam parcialmente, aumentando a viscosidade novamente e sendo possível observar a retrogradação (ELIASSON, 2004).

FIGURA 21 - CURVA RVA TÍPICA OBTIDA NA ANÁLISE DE AMIDO, NESTE CASO, AMIDO DE MILHO.



FONTE: A autora (2019).

Por meio da curva RVA obtém-se (COZZOLINO, 2016):

- Temperatura de pasta (*pasting temperature*): ponto onde se inicia a formação da curva no gráfico, devido ao intumescimento dos grânulos de amido;
- Tempo de pico (*peak time*): tempo no qual é obtida a viscosidade máxima da pasta;
- Viscosidade de pico (*peak viscosity*): valor de máxima viscosidade do amido durante o ciclo de aquecimento, antecedendo a ruptura dos grânulos de amido;
- Quebra (*breakdown*): diferença de viscosidade entre o pico máximo e a viscosidade mínima a 95°C;
- Viscosidade Fina (*final viscosity*): valor da viscosidade no final do ciclo de resfriamento, à temperatura de 50°C;
- Retrogradação (*setback*): diferença entre a viscosidade final e viscosidade mínima, a 95° C.

7.3 ANÁLISE ESTRUTURAL - DRX, FTIR E MEV

A difração de raios X (DRX) é uma importante análise que tem sido utilizada para caracterizar estruturas amiláceas e detectar possíveis alterações na cristalinidade e do padrão do amido (DANKAR et al., 2018).

A caracterização de materiais utilizando raios X é um campo bem explorado desde o início do século XX. É uma ferramenta básica e poderosa para caracterizar as estruturas cristalinas de vários sólidos (PARK et al., 2016).

A análise de Raios X pode acontecer em três métodos diferentes: a técnica de absorção, que é a base da análise radiográfica; o efeito de dispersão, que é a base da difração de raios X; e o efeito de fluorescência, que é a base da espectrometria de raios X de fluorescência (XRF) (JENKINS, 2000).

Os polímeros de carboidratos são os materiais mais utilizados na maioria dos estudos com análise de raios X. A análise estrutural do polímero é considerada como um tópico de pesquisa interessante para explicar o arranjo regular do mesmo (LI et al., 2018). Para analisar a cristalinidade relativa de amidos e farinhas, se utiliza a técnica de difração de raios X (PARK et al., 2016).

Segundo Warren, Gidley e Flanagan (2016) os métodos baseados em difração de raios, são os únicos métodos disponíveis para avaliação e quantificação

de ordem cristalina de longo alcance em amido. Pode-se determinar a cristalinidade do amido, subtraindo a área da zona amorfa das partes ordenadas do padrão de espalhamento, e a razão das duas fases é usada como uma estimativa de ordem cristalina do amido.

A fração do amido responsável pela cristalinidade é a amilopectina, sendo então a amilose a fração amorfa. Dentro dos grânulos a amilopectina pode se cristalizar de 3 tipos: tipo A (amidos de cereais), tipo B (amidos de tubérculos, raízes, cereais com alto teor de amilose e amidos retrogradados), ou tipo C (amidos de rizomas e leguminosas). O padrão do tipo C não é um verdadeiro polimorfo cristalino, mas sim uma mistura de polimorfos do tipo A e B (AHMADU et al., 2018; HOOVER, 2010).

A Espectroscopia de Infravermelho por Transformada de Fourier (FTIR) é uma técnica não invasiva, rápida e poderosa usada para sondar as transições moleculares e conformacionais em macromoléculas (CHEN et al., 2018).

Por meio da FTIR, as bandas vibracionais mais características de vários amidos são atribuídas, sendo possível obter informações sobre o enrolamento da cadeia de amilose e amilopectina e a relação cristalina/amorfa (DANKAR et al., 2018).

O Microscópio Eletrônico de Varredura (MEV) fornece ao observador, imagens de uma superfície com resolução muito maior do que a microscopia óptica. Ele oferece uma alta resolução espacial (por exemplo, em comparação com a microscopia de luz) e relativa facilidade de uso (por exemplo, em relação à microscopia eletrônica de transmissão) (MARAGHECHI et al., 2018).

A preparação cuidadosa das amostras é fundamental para uma boa microscopia eletrônica. As amostras que não são condutoras de elétrons, como os materiais amiláceos, geralmente requerem uma cobertura na preparação da análise com um revestimento ultrafino, com o intuito de conduzir a carga eletrostática acumulada na superfície. Os materiais de revestimento normalmente utilizados incluem carbono, ouro e platina (INKSON, 2016). No estudo de produtos amiláceos, as imagens fornecidas pelo MEV são utilizadas a fim de se estudar a morfologia (formato e tamanho) dos grânulos do amido.

**EXPERIMENTO 1 - CARACTERIZAÇÃO DO AMIDO E FARINHA DE TRIGO
SARRACENO E FARINHA DE ARROZ**

RESUMO

O trigo sarraceno (*Fagopyrum esculentum*) é um pseudocereal altamente nutritivo, com alta concentração de amido, e por não conter glúten em sua composição, vem sendo aplicado em produtos de panificação. A farinha de arroz atualmente é a mais utilizada em formulações de produtos sem glúten, por ter sabor suave e cor branca. Neste estudo as farinhas de trigo sarraceno (FTS) e de arroz (FA) foram produzidas em laboratório, e extraiu-se o amido (ATS) da farinha de trigo sarraceno pela extração aquosa. Destas amostras foram determinadas a composição centesimal, perfil de aminoácidos, compostos fenólicos e antioxidantes (pelos métodos DPPH, FRAP e ABTS). Constatou-se o grande potencial da FTS em relação às outras, pela composição dos aminoácidos essenciais e a quantidade de compostos fenólicos superiores, em relação à farinha de arroz. Foram realizadas também análises térmicas, como DSC, RVA e TG, constatando a maior viscosidade do amido isolado (ATS), além de se estabelecer as temperaturas de gelatinização e o perfil de degradação térmica. A estrutura dos grânulos foi analisada por MEV e pode se observar a morfologia e a configuração dos amidos dentro dos grãos e após extração.

Palavras-chave: amido de trigo sarraceno, análise térmica, perfil de aminoácidos, antioxidantes.

ABSTRACT

The buckwheat (*Fagopyrum esculentum*) is a highly nutritive pseudocereal, with high concentration of starch, and because it is gluten-free in its composition, it has been applied in baking products. Rice flour is currently the most used in gluten-free products formulations, because it has a mild taste and a white color. In this study, buckwheat (FTS) and rice flour (FA) were produced in the laboratory, and buckwheat starch (ATS) was extracted by aqueous extraction from buckwheat flour. From these samples were determined the centesimal composition, amino acid profile, phenolic compounds and antioxidants (by DPPH, FRAP and ABTS methods). It was found the great potential of the FTS in relation to the others samples, by the composition of the essential amino acids and the quantity of superior phenolic compounds, in relation to the rice flour. Thermal analyzes were also performed, such as DSC, RVA and TG, confirming the higher viscosity of the starch (ATS), were also define the gelatinization temperatures and the thermal degradation profile. The granules structure was analyzed by SEM. The morphology and configuration of the starches within the grains and isolated, could be observed.

Keywords: buckwheat starch, thermal analysis, amino acid profile, antioxidants.

1. INTRODUÇÃO

O trigo sarraceno (*Fagopyrum esculentum* Moench) vem sendo relatado na literatura como um pseudocereal altamente nutritivo, com amido de grande interesse na indústria, rico em proteínas com aminoácidos essenciais, além da maior biodisponibilidade quando comparada a outros grãos, como trigo, arroz, milho e sorgo. Tem também maior atividade antioxidante, pela presença de compostos fenólicos como rutina, quercetina, entre outros (HUSSAIN; KAUL, BHAT, 2018; SYTAR et al., 2018).

Estudos com a farinha de trigo sarraceno afirmam que sua concentração de amido pode variar de 70-91 %, dependendo do tipo de farinha, mas essa concentração varia muito na literatura. Quando comparado aos produtos preparados com farinha de trigo convencional, os produtos de trigo sarraceno apresentam menores valores de índices glicêmicos. Sendo muitas vezes afirmado, que alimentos preparados a partir de farinhas de trigo sarraceno podem ter uso potencial para diabéticos (TAKAHAMA; HIROTA, 2010).

A farinha de arroz é a farinha mais comumente utilizada em formulações de produtos sem glúten, pois apresenta sabor suave, cor branca e carboidratos altamente digestíveis (GERZHOVA et al., 2016). Normalmente o arroz utilizado para a fabricação de farinha são os descascados e polidos, resultando em uma farinha de arroz branco (BRÜTSCH et al., 2018).

De acordo com a Legislação Brasileira, farinha é o produto obtido da moagem da parte comestível de vegetais, podendo sofrer processos tecnológicos adequados, devendo o produto ser denominado de farinha seguido do nome do vegetal de origem (BRASIL, 1978).

O amido em panificação é o principal responsável pela estrutura e textura dos produtos sem glúten, sendo utilizado em uma forma isolada ou como constituinte principal de farinhas nas formulações (WITCZAK et al., 2019). As propriedades dos produtos que são baseados no amido são determinadas por suas características, então percebe-se a importância de sua caracterização para o desenvolvimento de um bom produto. O tipo e a origem do amido e as possíveis modificações aplicadas a ele têm um efeito importante na microestrutura e propriedades reológicas da massa, retenção de água e qualidade dos produtos resultantes (GAO et al., 2018).

Os amidos e as farinhas têm amplas diferenças microestruturais nas escalas estruturais granulares, o que pode influenciar a sua capacidade de gerar pães sem glúten com padrões de alta qualidade. Estudos comparativos sobre o efeito único de diferentes amidos e farinhas são escassos (MARTÍNEZ; GÓMEZ, 2017).

Assim sendo, este experimento teve por objetivo avaliar e caracterizar, o grão, o amido e farinha de trigo sarraceno e a farinha de arroz, por meio de análises físico-químicas, térmicas, estruturais e reológicas.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 MATERIAIS

O trigo sarraceno descascado utilizado (Figura 22) foi doado pela empresa Protecta Comércio de Produtos Agropecuários da cidade de Ponta Grossa/PR. A semente é da variedade IPR – 91 BAILI oriunda do IAPAR – Instituto Agrônômico do Paraná. A produtividade média por alqueire foi de 1.500 kg / hectare, na cidade de Ipiranga/PR. O plantio foi realizado em 25/02/2015 e a colheita em 25/05/2015. Realizou-se uma secagem e padronização em 26/05/2015. Após isto realizou-se o acondicionamento em big-bags em barracão fechado (sem controle de temperatura). O descasque e embalagem foi realizado em 29/10/2015.

FIGURA 22 - GRÃOS DE TRIGO SARRACENO DESCASCADO



A farinha de arroz utilizada foi obtida com a moagem dos grãos de arroz TIPO 1 obtidas no comércio local de Ponta Grossa/Paraná.

Para obtenção das farinhas de arroz e trigo sarraceno, realizou-se a moagem em moinho Ika Werke M20 (USA) e a farinha obtida foi peneirada em peneira de 355 μ m (42 mesh). Foram acondicionadas em potes de vidro e armazenadas em local seco.

2.2 MÉTODOS

2.2.1 DISTRIBUIÇÃO DO TAMANHO DOS GRÃOS DO TRIGO SARRACENO

Foram escolhidos 100 grãos de trigo sarraceno aleatoriamente, e a fim de se determinar o tamanho médio, mediu-se o comprimento (C) e largura (L) usando um paquímetro digital 150 mm (DIGITAL150, MTX) (UNAL et al., 2017).

2.2.2 EXTRAÇÃO DO AMIDO DE TRIGO SARRACENO

O amido de trigo sarraceno foi obtido a partir da farinha que foi suspensa em água na proporção de 1:3 (farinha:água) e mantida sob agitação a 876 rpm durante 10 minutos, utilizando um agitador digital IKA RW 20 (Alemanha). Em seguida, a suspensão foi peneirada em peneira (marca A Bronzinox) de malha 170 mesh com abertura de 90 μ m. O material retido na peneira foi lavado mais três vezes, para aumentar o rendimento da extração. A suspensão foi mantida em repouso por 60 minutos. A camada superior foi descartada, e o amido decantado foi centrifugado na centrífuga Rotina 420R (Alemanha) a 9000 rpm durante 5 minutos. Realizou-se a raspagem do material centrifugado, descartando a camada superior referente a proteínas, e recuperou-se a camada branca do fundo, a qual correspondia ao amido. O amido recuperado foi seco em estufa de circulação de ar a 40 °C por 24 horas. A extração foi realizada conforme o método de Bet et al. (2016).

2.2.3 COMPOSIÇÃO CENTESIMAL

Realizou-se a composição centesimal das farinhas e amido do trigo sarraceno segundo a metodologia proposta pela AOAC (2005). Foram determinados os teores de umidade, proteína, lipídeos, cinzas e fibra alimentar através dos protocolos 925.10, 960.52, 920.39C, 923.03 e 962.09E respectivamente.

Os carboidratos foram determinados por diferença, com os valores obtidos dos outros componentes.

2.2.4 PERFIL DE AMINOÁCIDOS TOTAIS

As amostras de grãos de trigo sarraceno foram primeiramente moídas em moinho Ika Werke M20 (Carolina do Norte, USA), escaneadas 32 vezes, calibradas e analisadas em recipiente de quartzo por NIRS (*Near Infrared Reflectance Spectroscopy*). Seguindo a metodologia utilizada por Van Kempen e Bodin (1998).

2.2.5 DETERMINAÇÃO DOS COMPOSTOS FENÓLICOS TOTAIS

A determinação dos compostos fenólicos foi realizada pelo método de Folin-Ciocalteu nas farinhas e no amido, adaptando a metodologia de Agbor, Vinson e Donnelly (2014) e Singleton, Orthofer, e Lamuela-Raventos (1999).

2.2.6 ATIVIDADE ANTIOXIDANTE – DPPH, FRAP e ABTS

O método da inibição do radical 2,2 - difenil - 1 - picrilidrazila (DPPH) foi realizado de acordo com Brand-Williams, Cuvelier e Berset (1995).

A determinação da atividade antioxidante pelo método de redução do ferro (FRAP) foi realizada de acordo com Benzie e Strain (1996).

A determinação da atividade antioxidante pelo método ABTS (2,2 - azino - bis - 3 - etil - benzotiazolina - 6 - ácido sulfônico) foi realizada conforme o método de Reet al. (1999).

As análises foram realizadas em triplicatas. Os resultados foram expressos em equivalentes de TROLOX (6 - hidroxil - 2, 5, 7, 8 - tetrametilcromano - 2 - ácido carboxílico) por quilograma de amostra (mmol ET/kg).

2.2.7 TERMOGRAVIMETRIA (TG/DTG)

Utilizou-se o sistema de análise térmica TGA-50 (Shimadzu, Japão) a fim de se obter as curvas termogravimétricas, adaptando a metodologia de Sandle, Varma e Varma (1987). Realizou-se previamente a calibração do equipamento com padrão de oxalato de cálcio mono-hidrato.

Para a completa remoção de impureza de análises anteriores, foi utilizado ácido nítrico nos cadinhos de α -alumina e estes foram posteriormente levados ao

bico de Bunsen para que houvesse completa eliminação da matéria orgânica remanescente no cadinho.

A análise foi realizada com aproximadamente 9,0 mg da amostra, com aquecimento até 650 °C, sob ar sintético de 150 mL min⁻¹ à uma taxa de 10 °C min⁻¹. As curvas DTGs e todas as percentagens de perda de massa foram estabelecidas por meio do software TA 60-WS (Shimadzu, Japão).

2.2.8 CALORIMETRIA EXPLORATÓRIA DIFERENCIAL (DSC)

As curvas DSC foram obtidas utilizando o sistema de análise térmica DSC 8500 (PerkinElmer), com metodologia baseada nas pesquisas de HORNUNG et al. (2016).

Foram preparadas dispersões de amido:água, com uma razão de 1:4 (massa/massa) para que os grânulos intumescessem e para que houvesse o equilíbrio da umidade da amostra, as quais permaneceram em repouso por 40 min.

Aproximadamente 4 mg da solução foi adicionada em um cadinho de alumínio com o auxílio de uma micropipeta, foram pesados na balança analítica AD-6 Autobalance (PerkinElmer) e foram selados.

A análise foi realizada sob fluxo de nitrogênio de 20 mL min⁻¹ a uma taxa de aquecimento de 10 °C min⁻¹.

2.2.9 PROPRIEDADE DE PASTA (RVA)

Para se analisar a propriedade de pasta das amostras, utilizou-se um rápido viscoanalisador RVA4 (Newport Scientific, Austrália). Foram preparadas suspensões de 2,24 g de amostra em 25,76 g água destilada (massa de amostra requerida pelo equipamento). As amostras foram mantidas a 50 °C durante 1 min, aquecidas a 95 °C a 6 °C min⁻¹, mantidas a 95 °C por 5 min, resfriadas para 50 °C a 6 °C min⁻¹, e, em seguida, mantidas a 50 °C durante 2 minutos, com agitação constante de 160 rpm (BET et al., 2016).

O software utilizado foi o Thermocline for Windows (TCW) e para a compilação das curvas utilizou-se o Origin 6.1.

2.2.10 DIFRAÇÃO DE RAIOS X

As amostras foram analisadas no Difratorômetro de raios X Ultima IV (Rigaku, Japão), após terem sido depositadas sobre um suporte de vidro e expostas a uma radiação da lâmpada de cobre ($\text{CuK}\alpha$) com comprimento de onda (λ) de 1.541 Å.

O material foi submetido a 40 kV e corrente de 30 mA. A faixa angular de detecção da radiação dispersa foi de 5-50 ° (2θ), com velocidade de digitalização de 2 ° min⁻¹ e uma etapa de 0,02 °, adaptado da metodologia de Fan et al. (2016).

O Índice de Cristalinidade relativa (I_c) foi quantitativamente estimado (ROCHA; DEMIATE, FRANCO, 2008) pela Equação 1, a qual relaciona a área da região cristalina (A_c) e área da região amorfa (A_a).

$$(I_c)\% = \frac{A_c}{A_c + A_a} \cdot 100 \quad (1)$$

2.2.11 ESPECTROSCOPIA DE INFRAVERMELHO COM TRANSFORMADA DE FOURIER (FTIR)

A análise de FTIR foi realizada conforme Lian et al. (2014), utilizando o espectrofotômetro Shimadzu FTIR 8400 (Shimadzu, Japão) a uma resolução de 4 cm⁻¹. Foram realizados 64 varrimentos. Os espectros foram obtidos utilizando pastilhas preparadas com KBr, contendo uma mistura homogênea de 100 mg de KBr previamente seco e 2 mg da amostra (base seca). A gama de número de onda dos espectros foi entre 400 e 4000 cm⁻¹.

2.2.12 MICROSCOPIA ELETRÔNICA DE VARREDURA (MEV)

Realizou-se a obtenção das imagens por Microscópio Eletrônico de Varredura (MEV) das amostras de amido e farinhas em um equipamento MIRA 3 (TESCAN, República Tcheca), seguindo a metodologia de Pumacahua-Ramos et al. (2015). A tensão no feixe de elétrons de 15 kV foi gerada por uma lâmpada com um filamento de tungstênio.

Como o funcionamento do MEV é baseado na capacidade dos materiais de conduzirem os elétrons e as amostras em questão (amido e farinha) não são

materiais condutores, foi necessária uma preparação prévia das amostras, as quais foram fixadas em uma fita adesiva de carbono e foram pulverizadas com plasma de ouro (Au) e paládio (Pd) em um Sistema de descarga SC7620 Mini Sputter Coater/Glow (Quorum, Inglaterra).

2.2.13 ANÁLISE ESTATÍSTICA

A análise de variância (ANOVA) e teste de Tukey foram utilizados para comparar as médias amostrais com nível de confiança de 95 % ($p < 0,05$). O software utilizado foi o SASM-Agri 8.2.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 DISTRIBUIÇÃO DO TAMANHO E PROPRIEDADES GEOMÉTRICAS DOS GRÃOS DO TRIGO SARRACENO

Os grãos de trigo sarraceno apresentaram três semi-eixos desiguais; podendo, portanto, serem descritos como de forma triangular. Neste trabalho optou-se por medir o comprimento (C) e a largura (L) dos grãos.

Na Figura 23 está uma representação dos grãos que foram medidos. O comprimento médio (C) e a largura média (L) obtidos para os 100 grãos foram respectivamente: $4,3 \pm 1,3$ mm e $3,3 \pm 0,9$ mm.

FIGURA 23 - REPRESENTAÇÃO DOS GRÃOS DO TRIGO SARRACENO, COM E SEM CASCA.



Os pesquisadores UNAL et al. (2017) realizaram a medição do comprimento, largura e espessura de diferentes grãos de trigo sarraceno da variedade Güneş e de amostras comerciais. Para comprimento (C) obtiveram valores entre 3,11 a 7,33 mm e para largura (L) 2,20 a 4,90 mm, ou seja, valores próximos ao encontrado para o trigo sarraceno brasileiro neste trabalho.

Determinar o tamanho do grão é importante por este parâmetro influenciar no rendimento da extração do amido.

3.2 EXTRAÇÃO DO AMIDO DE TRIGO SARRACENO

Segundo Zhu (2016b) o teor de amido na farinha de trigo sarraceno pode chegar a 80 % da sua massa seca. Mas esse rendimento varia muito e diversos valores podem ser encontrados na literatura: $54,5 \pm 2,4$ % (STEADMAN et al., 2001), $55,8 \pm 0,15$ % (BONAFACCIA; MAROCCHINI, KREFT, 2003) e 75,0% (ZHENG; SOSULSKI, TYLER, 1998).

O rendimento da extração aquosa do amido do trigo sarraceno no presente trabalho foi de 39,4 %, dado este, inferior ao citado na literatura. Essa variação de rendimento na extração do amido ocorre devido às diversas formas de se fazer o seu isolamento. Na literatura se encontra extrações realizadas utilizando somente água, ou seja, extração aquosa (LI; LIN; CORKE, 1997) ou utilizando reagentes químicos, extração química, com NaOH (MALIK; SAXENA, 2016), NaHSOs (ZHENG; SOSULSKI, TYLER, 1998), entre outros.

As diferenças de método de isolamento e das condições experimentais escolhidas podem resultar em diferenças na composição e propriedades do amido (ZHU, 2016a).

Sabe-se que a extração do amido foi eficiente, quanto menor for o conteúdo de proteínas, lipídeos, fibras e cinzas. Entretanto, muitas vezes em busca de um elevado grau de pureza do amido, suas funcionalidades nativas são alteradas quando entra em contato com componentes químicos. Por isso afirma-se que a extração com água, apesar de ter um rendimento menor, é mais interessante quanto à preservação dos grânulos de amido e consequentemente de suas propriedades funcionais nativas.

3.3 COMPOSIÇÃO CENTESIMAL DAS FARINHAS

Em alimentos, a composição físico-química refere-se à proporção dos grupos homogêneos (proteínas, lipídeos, cinzas, fibra e carboidratos) de substâncias presentes em 100 g de amostra analisada (SILVA; ASCHERI; PEREIRA, 2007).

Na Tabela 1 estão apresentados os dados de composição centesimal das farinhas e amido que serão utilizadas nas misturas para as formulações dos pães sem glúten.

TABELA 1 - COMPOSIÇÃO CENTESIMAL DAS FARINHAS EM BASE ÚMIDA.

COMPOSIÇÃO CENTESIMAL (g 100 g ⁻¹)						
Amostra	Umidade	Proteínas	Lipídeos	Cinzas	Fibra Alimentar	Carboidratos
(a) Amido de trigo sarraceno	8,42 ± 0,28 ^a	2,85 ± 0,04 ^c	0,31 ± 0,08 ^b	0,13 ± 0,002 ^c	0,30 ± 0,02 ^b	87,99 ± 0,33 ^a
(b) Farinha de trigo sarraceno	8,18 ± 0,33 ^a	14,16 ± 0,21 ^a	3,65 ± 0,27 ^a	2,21 ± 0,005 ^a	2,36 ± 0,20 ^a	69,44 ± 0,49 ^c
(c) Farinha de arroz	8,33 ± 0,03 ^a	5,07 ± 0,05 ^b	0,47 ± 0,03 ^b	0,30 ± 0,018 ^b	0,28 ± 0,01 ^b	85,55 ± 0,06 ^b
DMS	0,7929	0,3820	0,5196	0,0281	0,3555	1,1115

DMS: Diferença mínima significativa.

Para maior confiabilidade da análise as amostras permaneceram em estufa a 40 °C por 24 h para padronização da umidade entre elas (8,18 - 8,42 g 100 g⁻¹).

Quanto à caracterização do amido do trigo sarraceno isolado, obtiveram-se valores interessantes, pois se comprovou que os outros componentes presentes na farinha (proteínas, lipídeos, cinzas e fibra) foram realmente descartados (restando somente ~ 3,59 g 100 g⁻¹ deles na amostra). Dentre esses componentes, o de maior quantidade é a proteína (2,85 ± 0,04 g 100 g⁻¹), que é encontrado no amido, isolado por extração aquosa neste trabalho, para que não houvesse nenhuma modificação química do mesmo durante a extração. Sendo assim, pode-se dizer que o amido foi isolado de forma positiva, mesmo que por extração aquosa.

Entre as amostras de farinha a que apresenta maior quantidade de proteínas foi à farinha de trigo sarraceno com 14,16 g 100 g⁻¹. Esse valor mais alto em relação à farinha de arroz (5,07 g 100 g⁻¹) já era esperado, sendo que um dos grandes atrativos deste grão é a grande quantidade de proteína já observada por outros autores: 11,7 g 100 g⁻¹ (SYTAR et al., 2016); 13,1 g 100 g⁻¹ (MOTA et al., 2016); 13,30 - 15,55 g 100 g⁻¹ (WEI et al., 2003); 11,91 - 12,65 g 100 g⁻¹ (STEMPIŃSKA; SORAL-ŚMIETANA, 2006).

Quanto ao conteúdo de lipídeos observa-se também uma maior quantidade na farinha de trigo sarraceno (3,65 g 100 g⁻¹) em relação à farinha de arroz (0,47 g 100 g⁻¹). Valores próximos também podem ser encontrados em outros estudos com trigo sarraceno, onde os autores obtiveram 2,29 g 100 g⁻¹ (KATAR; OLGUN, TURAN, 2016); 3,27 - 3,94 g 100 g⁻¹ (PANDEY; SENTHIL, FATEMA, 2015) e também para a farinha de arroz, onde Walter, Marchezan e Avila (2008) encontraram o valor de 0,36 g 100 g⁻¹.

Foram obtidas proporções superiores para cinzas na farinha de trigo sarraceno (2,21 g 100 g⁻¹) do que na de arroz (0,30 g 100 g⁻¹). Outros valores de cinzas foram obtidos para a farinha de trigo sarraceno na literatura, como: 1,67 ± 0,11 g 100 g⁻¹ (KAUR et al., 2015), 2,1 ± 0,00 g 100 g⁻¹ (ALVAREZ-JUBETE; ARENDT, GALLAGHER; 2009) e 2,20 g 100 g⁻¹ (TORBICA; HADNAĐEV, HADNAĐEV, 2012). Enquanto que para a farinha de arroz, os valores da literatura para composição de cinzas é baixa (mesmo que para matéria seca, Walter, Marchezan e Avila (2008) obtiveram 0,30 g 100 g⁻¹ somente ou para matéria úmida Silva, Ascheri e Pereira (2007) obtiveram 0,47 ± 0,02 g 100 g⁻¹ e Torbica, Hadnađev e Hadnađev (2012) obtiveram 0,26 g 100 g⁻¹), assim como obtido neste trabalho.

Quanto à fibra alimentar ou dietética, obteve-se o valor de $2,36 \pm 0,20 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$ para a farinha de trigo sarraceno enquanto que para a farinha de arroz, farinha mais utilizada em produtos sem glúten, obteve-se $0,28 \pm 0,01 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$. Como a fortificação com fibras é de grande interesse para produtos de panificação, a adição ou substituição pela farinha de trigo sarraceno é de grande interesse, pois poderia contribuir para aumentar a demanda de ingestão diária de fibras (DEVRIES et al., 1999). Em outros trabalhos, encontra-se para a farinha de trigo sarraceno os valores de $0,96 \pm 0,05 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$ (ALTINDAĞ et al., 2015), e no trabalho de Dziadek et al. (2016) ficou evidenciado que a quantidade de fibra dietética encontrada varia de cultivar para cultivar, onde foram obtidos valores de $1,16 \pm 0,06 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$ a $6,69 \pm 0,19 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$.

3.4 PERFIL DE AMINOÁCIDOS TOTAIS

O perfil total de aminoácidos da farinha de arroz e de trigo sarraceno está apresentado na Tabela 2.

TABELA 2 - PERFIL DE AMINOÁCIDOS DA FARINHA DE ARROZ E DE TRIGO SARRACENO

Aminoácidos	Arroz (% ou mg 100 g ⁻¹ de proteína)	Trigo Sarraceno (% ou mg 100 g ⁻¹ de proteína)	Padrão FAO/WHO (2007) (mg 100 g ⁻¹ de amostra)
Proteína Bruta	7050	13580	
Fenilalanina + tirosina	368	549	
Histidina	165	333	15
Isoleucina	276	487	30
Lisina	259	765	
Leucina	562	862	59
Metionina	199	222	16
Treonina	245	502	23
Triptofano	97	-	6
Valina	399	652	39
Σ aminoácidos essenciais	2570	4372	
Alanina	390	570	
Arginina	573	1362	
Aspartato	640	1272	
(Ácido Aspártico)			
Cisteína	168	317	6
Glicina	313	791	
Glutamato	1205	2333	
(Ácido Glutâmico)			
Prolina	310	499	
Serina	354	675	
Σ aminoácidos não essenciais	3953	7819	

Os conteúdos de cada aminoácido podem variar muito dependendo da variedade, cultivar, espécie e/ou sub-espécie, como já comprovado pelos autores Lahanov et al. (2004), quando compararam 1 espécie de trigo sarraceno comum (*Fagopyrum esculentum* ssp. ancestrale) e 1 subespécie (*Fagopyrum esculentum* ssp. esculentum), e obtiveram respectivamente valores de 15,5 - 16,2 g 100 g⁻¹ de proteína, com variação também do conteúdo de aminoácidos. Entretanto, a proporção dos aminoácidos é normalmente mantida. Outro fator que pode alterar nos resultados, interferindo significativamente nas quantidades obtidas de aminoácidos, são as diferentes extrações e diluições (BAI et al.; 2015).

Comparando os valores obtidos para a farinha de arroz (FA) e a farinha de trigo sarraceno (FTS), a FTS e a FA superaram todos os valores estabelecidos pela FAO/WHO como requisito de consumo diário na alimentação humana.

Quanto aos teores de proteína bruta estabelecidos na análise, se aproximaram com os determinados na Composição Centesimal, expostos na Tabela 1 do item 3.3. A FTS superou as quantidades de aminoácidos essenciais e não essenciais encontrados na FA em quase o dobro do valor, mostrando sua superioridade nutricional.

Para maior facilidade de interpretação dos dados obtidos e comparação dos dados obtidos com os encontrados na literatura, montou-se a Tabela 3 com valores de aminoácidos para o trigo sarraceno.

Observa-se que assim como no presente trabalho, os aminoácidos em quantidade mais expressivas nos trabalhos encontrados na literatura, foram 3 aminoácidos não essenciais (na ordem de quantidade): Glutamato (2333 mg 100 g⁻¹ de proteína), Arginina (1362 mg 100 g⁻¹ de proteína, valor muito próximo ao obtido por Sytar et al., 2018) e Aspartato (1272 mg 100 g⁻¹ de proteína). Quando se compara os valores obtidos no presente estudo, aos expostos na Tabela 3, obtido por outros autores, observa-se que apesar da variação, a proporção dos aminoácidos segue a mesma importância.

A Farinha de Trigo Sarraceno pode ser classificada como uma farinha de ótima qualidade nutricional no quesito aminoácidos, principalmente essenciais, com boa qualidade biológica. Com grande potencial para enriquecer produtos de panificação, substituindo em diferentes proporções a farinha de arroz em produtos sem glúten com o intuito de contribuir nutricionalmente aos produtos.

TABELA 3 - OUTROS TRABALHOS COM A QUANTIFICAÇÃO DOS AMINOÁCIDOS DO TRIGO SARRACENO.

Aminoácidos	Valores (mg 100 g ⁻¹ de proteína)						Presente trabalho
	MOTA et al. (2016)	KRUMINA-ZEMTURE; BEITANE, GRAMATINA (2016)	BIEL; MACIARO WSKI (2013)	SYTAR et al. (2018)	CHEN; LI, LI (2004)	LAHANOV et al. (2004)	
Fenilalanina	532	520	459	671	-	530	549
Histidina (SEMI-ESSENCIAL)	-	640	272	464	236,5	410	333
Isoleucina	432	140	293	482	317,2	380	487
Lisina	596	680	589	796	586,8	840	765
Leucina	846	660	645	1024	573,7	850	862
Metionina	381	160	152	169	-	160	222
Treonina	522	340	376	648	313,3	370	502
Triptofano	-	160	144	-	135,5	-	-
Valina	532	-	407	583	363,3	480	652
Σ aminoácidos essenciais	3841	3300	3337	4837	2526,3	4020	4372
Alanina	540	660	381	638	399,4	400	570
Arginina (SEMI-ESSENCIAL)	1483	720	798	1364	856,3	1200	1362
Aspartato (ácido aspártico)	1309	1310	997	1498	908,5	990	1272
Cisteína	243	-	260	330	-	-	317
Glicina	831	680	669	857	509,2	590	791
Glutamato (ácido glutâmico)	2535	2430	2160	3194	1808,6	1700	2333
Prolina	541	200	372	538	414,7	150	499
Serina	771	530	515	816	407	460	675
Tirosina	719	360	273	362	-	300	
Σ aminoácidos não essenciais	8972	6890	6425	9597	5303,7	5790	7819

3.5 DETERMINAÇÃO DOS COMPOSTOS FENÓLICOS TOTAIS

Na Tabela 4, estão expostos os valores de quantificação de compostos fenólicos totais das amostras de amido e farinha de trigo sarraceno e farinha de arroz que serão utilizadas posteriormente na elaboração dos pães sem glúten.

TABELA 4 - QUANTIFICAÇÃO DE COMPOSTOS FENÓLICOS TOTAIS DAS AMOSTRAS DE AMIDO DE TRIGO SARRACENO, FARINHA DETRIGO SARRACENO E FARINHA DEARROZ

Amostra	Compostos fenólicos totais (mg 100 g ⁻¹)
Amido de trigo sarraceno	45,2
Farinha de trigo sarraceno	497,6
Farinha de arroz	18,5

Os valores encontrados de fenóis totais para a farinha de trigo sarraceno é 10 vezes maior que a do amido extraído dele, que ainda assim apresentou quantidades maiores de fenóis totais, que a farinha de arroz.

Dziadek et al. (2016) estudaram 6 cultivares de trigo sarraceno de Palikije (Polônia) colhidas em 2011, e todas apresentaram valores inferiores (280,00 - 328,03 mg 100 g⁻¹) de polifenóis totais ao trigo sarraceno brasileiro estudado no presente trabalho.

A superioridade do grão de trigo sarraceno em relação aos compostos fenólicos totais e atividade antioxidante já foi comprovada em outros trabalhos quando comparado a grãos de cereais (trigo, cevada, centeio, aveia) (ZIELIŃSKI; KOZLOWSKA, 2000), e outros pseudocereais, como amaranto e quinoa (ALVAREZ-JUBETE et al., 2010).

3.6 ATIVIDADE ANTIOXIDANTE

Com base nos resultados da quantificação de Compostos Fenólicos Totais expostos na Tabela 4, optou-se por analisar apenas a capacidade antioxidante da amostra de Farinha de Trigo Sarraceno.

No presente estudo, a atividade antioxidante foi estimada usando três diferentes testes antioxidantes *in vitro* (DPPH, FRAP e ABTS), que estão apresentados na Tabela 5.

TABELA 5 - ANÁLISES DE ATIVIDADE ANTIOXIDANTE NA AMOSTRA DE TRIGO SARRACENO PELOS MÉTODOS DE DPPH, FRAP E ABTS.

Método	Atividade antioxidante (mmol Trolox*/kg)
DPPH	16,67 ± 0,56 ^a
FRAP	14,62 ± 0,31 ^c
ABTS	15,89 ± 0,33 ^b
DMS	0,414

*equivalente TROLOX. **DMS: Diferença mínima significativa.

DPPH: Método por 2,2-difenil-1-picrilidrazila; FRAP: Método *Ferric Reducing Antioxidant Power*; ABTS: Método por 2,2- azino - bis - 3- etil-benzotiazolina - 6- ácido sulfônico.

Sabe-se por estudos anteriores, que vários compostos antioxidantes, como vitaminas B1, B2 e E (tocoferol), rutina, quercetina, proantocianidinas, hiperina, ácido protocatecuíco, 3,4-di-hidroxibenzaldeído, e catequinas foram identificados em cascas e grãos de trigo sarraceno comum (WATANABE; OHSHITA, TSUSHIDA, 1997; WATANABE, 1998).

Muitos autores caracterizaram a atividade antioxidante de grãos de trigo sarraceno comum e tartárico de diversos países, como China (HUNG; MORITA, 2008), Turquia (GULPINAR et al., 2012), Estados Unidos da América (INGLETT et al., 2011), Polônia (DZIADEK et al., 2016), Lituânia (ŽVIKAS et al., 2016), Canadá (JIANG et al., 2007), França (QUETTIER-DELEU et al., 2000), entre outros.

Zieliska et al. (2012) caracterizaram os grãos e as cascas de 6 cultivares de trigo sarraceno comum, obtiveram de 6,76-11,23 $\mu\text{mol Trolox/g}$ por ABTS e de 3,14-6,60 $\mu\text{mol Trolox/g}$ por DPPH, ou seja, as amostras analisadas por eles, continham valores menores de antioxidantes. Já as amostras analisadas por Zieliński et al. (2019) foram obtidos $19,67 \pm 0,03 \mu\text{mol Trolox/g}$ por ABTS e $5,97 \pm 0,04 \mu\text{mol Trolox/g}$ por FRAP.

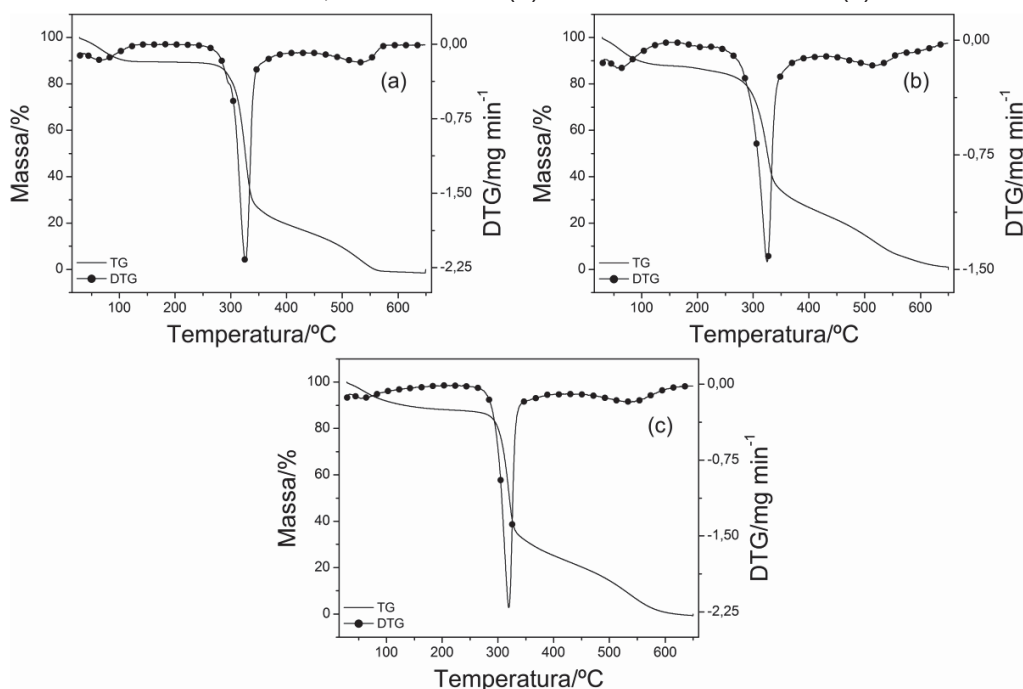
De semelhante modo, Lee et al. (2016) estudaram os grãos de trigo sarraceno oriundos da Coreia por ABTS, DPPH e FRAP. Obtiveram para a atividade antioxidante (mmol Trolox/g): $14,7 \pm 1,8$ por FRAP, $23,3 \pm 3,0$ por DPPH e $42,5 \pm 1,7$ por ABTS.

Kim et al. (2008) estudaram a atividade antioxidante por DPPH em brotos de trigo sarraceno comum de 6-10 dias, e concluíram que estes são recomendados por sua alta atividade antioxidante, além de ser uma excelente fonte dietética de compostos fenólicos.

3.7 TERMOGRAVIMETRIA (TG/DTG)

A fim de investigar a degradação térmica das amostras de amido e farinhas, elas foram examinadas usando TG/DTG. Na Figura 24 estão expostas as curvas TG/DTG das amostras, que facilitam a compreensão do comportamento da amostra durante o aquecimento.

FIGURA 24 - CURVAS DA TERMOGRAVIMETRIA (TG/DTG) DAS AMOSTRAS: (a) AMIDO DE TRIGO SARRACENO, FARINHA DE (b) TRIGO SARRACENO E (c) ARROZ



O perfil observado nas curvas TG/DTG para a amostra (a) é o comportamento padrão de amostras de amido já observado em outros estudos, para amido de milho (MALUCELLI et al., 2015), mandioca orgânica (ANDRADE et al., 2014), ervilha, arroz e mandioquinha salsa (GOMES et al., 2018), entre outros. No caso das farinhas, amostras (b) e (c), onde não há presença da estabilidade antes da 2ª perda, pode-se observar este comportamento em outras farinhas, como na de sapucaia (*Lecythis pisonis* Cambess.) (TEIXEIRA et al., 2018).

Os valores referentes à degradação térmica estão na Tabela 6.

TABELA 6 - RESULTADOS DA TERMOGRAVIMETRIA (TG/DTG) DAS AMOSTRAS: (a) AMIDO DE TRIGO SARRACENO, FARINHA DE (b) TRIGO SARRACENO E (c) ARROZ

Amostra	Resultados TG/DTG			
	Etapa	$\Delta m/\%$	$\Delta T/^\circ\text{C}$	$T_p/^\circ\text{C}$
(a) Amido de trigo sarraceno	1 ^a	10,29	28,50 - 124,10	66,91
	Estabilidade	-	124,10 - 227,03	-
	2 ^a	71,97	227,03 - 425,57	326,10
	3 ^a	17,35	425,57 - 586,06	531,14
(b) Farinha de trigo sarraceno	1 ^a	12,24	28,87 - 157,28	61,86
	2 ^a	64,93	157,28 - 425,09	324,98
	3 ^a	19,84	425,09 - 597,30	518,33
(c) Farinha de arroz	1 ^a	12,21	28,83 - 230,02	59,79
	2 ^a	66,37	230,02 - 438,16	319,35
	3 ^a	20,58	438,16 - 631,14	534,80

Δm , perda de massa (%); ΔT , variação de temperatura ($^\circ\text{C}$); T_p , temperatura de pico ($^\circ\text{C}$).

Pode-se observar de acordo com o percentual de variação de perda de massa (Δm) que a perda ocorreu em 3 etapas, o que se é esperado para farinhas e amidos, para este último, é normal observar uma etapa de estabilidade após a primeira perda, o que também foi visto na amostra amilácea (a).

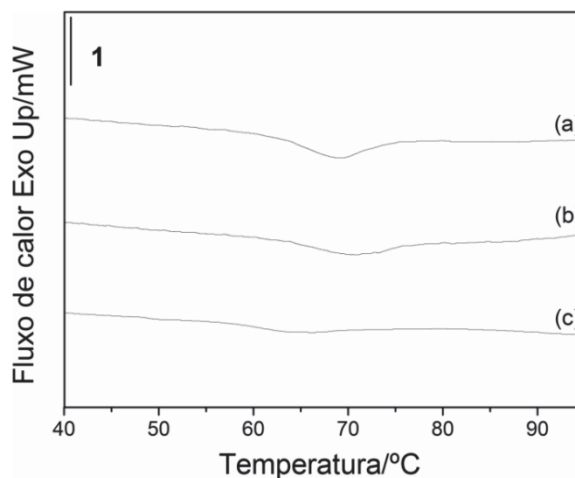
A 1ª perda de massa é característica pela evaporação da água e compostos voláteis, especialmente as moléculas de água adsorvidas aos grânulos de amido. Somente para o amido, é possível observar um período de estabilidade. A 2ª perda de massa se referente à oxidação e degradação da matéria orgânica (amilose e amilopectina). Esta etapa é a principal na perda de massa, acontece de forma acentuada indicando a presença de grandes quantidades de compostos com propriedades térmicas muito semelhantes, o que é característico de homopolissacarídeos como os amidos e farinhas (DI-MEDEIROS et al., 2014; MALUCELLI et al., 2015). Na 3ª perda acontece a carbonização do restante da matéria orgânica até restarem-se apenas as cinzas das amostras, que neste trabalho, foram: (a) Amido de trigo sarraceno de 0,39 %, (b) Farinha de trigo sarraceno de 2,99 % e (c) Farinha de arroz de 0,84 %. O aquecimento de amidos quando se excede a temperatura de 300 °C, usualmente causa sua despolimerização (BEMILLER; WHISTLER, 2009).

Foi determinada também a faixa de temperatura que ocorre cada etapa dessas perdas de massa. Pode-se observar por essas variações de temperatura ($\Delta T/^\circ\text{C}$) que entre as amostras de trigo sarraceno, a farinha (b) tem maior resistência a degradação térmica, pois apresenta maiores faixas de temperaturas em relação ao amido (a). Já a farinha de arroz (c) dentre as 3 amostras é a que apresentou maior faixa de degradação, alcançando 631,14 °C ao término da 3ª perda.

3.8 CALORIMETRIA EXPLORATÓRIA DIFERENCIAL (DSC)

Pela Calorimetria Exploratória Diferencial (DSC) foram obtidas as curvas de gelatinização das amostras, que estão na Figura 25. Todas se apresentaram endotérmicas, o que já era esperado para o fenômeno de gelatinização.

FIGURA 25 - CURVAS OBTIDOS PELA CALORIMETRIA EXPLORATÓRIA DIFERENCIAL (DSC) DAS AMOSTRAS: (a) AMIDO DE TRIGO SARRACENO, FARINHA DE (b) TRIGO SARRACENO E (c) ARROZ



Os valores de temperatura envolvidos no processo de gelatinização das amostras de (a) amido e (b) farinha de trigo sarraceno e (c) farinha de arroz, estão expostos na Tabela 7.

TABELA 7 - RESULTADOS OBTIDOS POR CALORIMETRIA EXPLORATÓRIA DIFERENCIAL (DSC) PARA AS AMOSTRAS: (a) AMIDO DE TRIGO SARRACENO, FARINHA DE (b) TRIGO SARRACENO E (c) ARROZ

Amostra	DSC gelatinização			
	$T_o/^\circ\text{C}$	$T_p/^\circ\text{C}$	$T_c/^\circ\text{C}$	$\Delta H_{\text{gel}}/\text{J g}^{-1}$
(a)	$60,51 \pm 0,01^b$	$65,81 \pm 0,01^b$	$70,00 \pm 0,02^c$	$9,00 \pm 0,09^a$
(b)	$61,42 \pm 0,07^a$	$67,67 \pm 0,01^a$	$72,34 \pm 0,07^a$	$6,33 \pm 0,07^c$
(c)	$55,12 \pm 0,10^c$	$65,65 \pm 0,08^c$	$70,99 \pm 0,22^b$	$6,99 \pm 0,02^b$
DMS	0,2511	0,1453	0,5165	0,2348

(*) T_o “onset” temperatura inicial, T_p temperatura de pico, T_c “endset” temperatura de conclusão, ΔH_{gel} entalpia de gelatinização. Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). DMS: Diferença mínima significativa.

Percebe-se que ao comparar o amido e a farinha do trigo sarraceno, os valores do amido são de 1-2 °C inferiores, tanto para as temperaturas envolvidas no processo de gelatinização, quanto para a entalpia, apesar de haver menos amido na composição da farinha, em uma mesma quantidade de amostra, pela existência de outros componentes da farinha (proteína, lipídeos, fibras, cinzas) (XIAO et al., 2017).

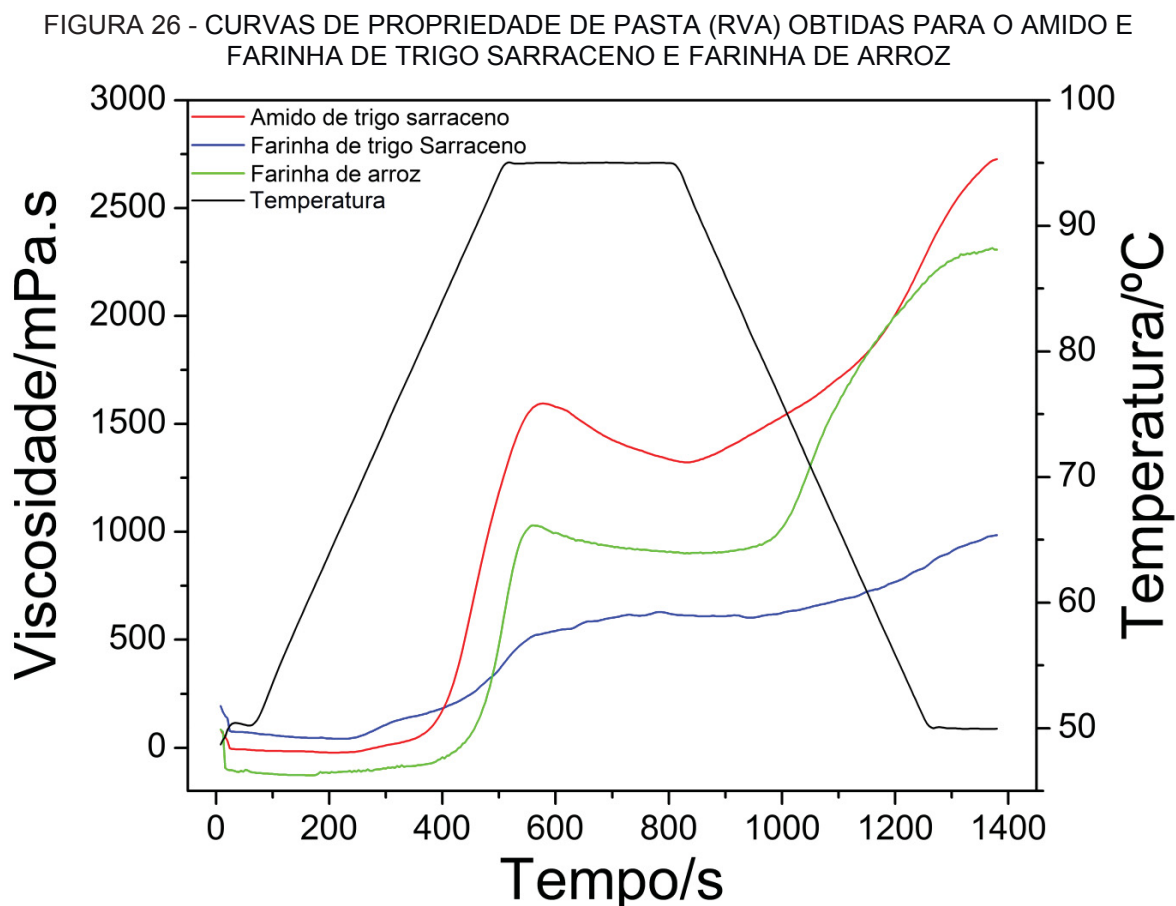
Praticamente os mesmos valores para as temperaturas de gelatinização e entalpia foram obtidos por Li et al. (2014). Wronkowska e Haros (2014) encontraram valores superiores de temperatura para a amostra de amido de trigo sarraceno por meio da análise de DSC, com T_o de 68,6 °C, T_p de 75,40 °C e T_c de 84,5 °C, e com

entalpia de 14,90 J/g. Já Dar et al. (2018) encontraram valores mais próximos ao do trigo sarraceno brasileiro deste trabalho, com os valores de T_o de 62,18 °C, T_p de 64,34 °C, T_c de 68,20 °C e entalpia de gelatinização (ΔH_{gel}) de 6,12 J/g, assim como Li et al. (2014) obtiveram os valores de T_o de 61,18 °C, T_p de 66,09 °C, T_c de 75,20 °C e entalpia de gelatinização (ΔH_{gel}) de 12,36 J/g.

Para a farinha de trigo sarraceno, foram encontrados na literatura trabalhos que condizem com o obtido neste estudo, com valores muito próximos. Por exemplo, Yu et al. (2018) encontraram valores de T_o entre 56,02 - 57,95 °C, T_p entre 66,37 - 68,04 °C, T_c entre 75,77 - 77,37 °C e entalpia envolvida em todo processo de 7,38 - 8,40 J/g e Wolter et al. (2013) obtiveram os valores de T_o de 59 °C, T_p de 66 °C e T_c de 72 °C.

3.9 PROPRIEDADE DE PASTA (RVA)

As curvas de propriedade de pastas das amostras analisadas estão apresentadas na Figura 26.



Comparando o formato da curva da análise da farinha de trigo sarraceno ao trabalho de Palabiyik et al. (2016) e Yilmaz et al. (2015), o obtido está dentro do esperado, com viscosidade final maior que a de pico, mostrando a tendência a retrogradar e baixos valores de viscosidade de pico.

Na análise de propriedade de pasta se estuda o comportamento de uma solução aquosa de amido sob aquecimento, manutenção da temperatura e posterior arrefecimento. Os valores obtidos estão expostos na Tabela 8.

TABELA 8 - DADOS DE PROPRIEDADE DE PASTA (RVA) DAS AMOSTRAS: (a) AMIDO DE TRIGO SARRACENO, FARINHA DE (b) TRIGO SARRACENO E (c) ARROZ

Amostra	Temperatura de Pasta/°C	Viscosidade de Pico/mPa s	Tempo do Pico/s	Tendência a Retrogradação / mPa s	Quebra/ mPa s	Viscosidade Final/ mPa s
(a)	82,10 ± 0,64 ^b	1596,00 ± 3,61 ^a	577,00 ± 1,73 ^b	1413,67 ± 1,53 ^a	280,67 ± 1,15 ^a	2731,00 ± 2,00 ^a
(b)	n.d.	631,70 ± 0,61 ^c	780,20 ± 0,35 ^a	383,17 ± 0,29 ^c	31,33 ± 0,58 ^c	984,50 ± 0,87 ^c
(c)	87,21 ± 0,04 ^a	1032,08 ± 3,47 ^b	559,40 ± 0,40 ^c	1409,20 ± 0,20 ^b	131,05 ± 0,05 ^b	2308,35 ± 0,35 ^b
*DMS	1,6500	10,2151	2,9579	2,4480	1,6180	4,2700

mPa s “milipascal segundo”, s “segundo”, n.d. “não determinado”. DMS: Diferença Mínima Significativa. Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey (p<0,05).

Padronizou-se a umidade e quantidade de amido em todas as soluções analisadas, para que pudessem ser comparadas de forma precisa, em mesmas condições experimentais e configuração instrumental. O resultado da propriedade de pasta no RVA é diretamente influenciado por vários fatores, como o teor de água, taxa de cisalhamento, programa de temperatura e estrutura de amido (ZHU, 2014).

Os autores Martínez e Gómez (2017) estudaram a farinha de arroz e encontraram os valores de 70,20 °C para Temperatura de pasta, 3082 mPa s para Viscosidade de Pico e 3169 mPa s para Viscosidade Final. Enquanto que Collar (2016) encontrou o valor de 71,90 °C para a Temperatura de pasta para a farinha de trigo sarraceno, com Viscosidade de Pico de 2394 mPa s e Viscosidade Final de 4409 mPa s. Os dados obtidos por Martínez e Gómez (2017) e Collar (2016) mostraram uma grande diferença aos valores encontrados neste trabalho, mas sabe-se que esses dados variam principalmente com a padronização da umidade da amostra, forma de obtenção do amido, origem botânica, dentre outros fatores já comprovados no trabalho de Hera, Martinez e Gómez (2013). Além da forma de moagem do grão para obtenção da farinha como provado por Yuet al. (2018) que estudaram 3 formas de moagem, obtendo valores muito diferentes para uma mesma amostra de origem. Comparando as duas farinhas, a amostra de (c) farinha de arroz

possui viscosidade muito maior à de (b) trigo sarraceno, comprovando também o porquê de seu uso ser tão difundido nos produtos sem glúten, pois além de ser uma farinha que não altera o sabor do produto, contribui para as propriedades reológicas da massa.

O equipamento não conseguiu estabelecer um valor de Temperatura de pasta para a amostra de (b) farinha de trigo sarraceno como visto na Tabela 8, por ser muito baixo e/ou inexistente. Quando se compara os valores do (a) amido extraído dessa farinha, todos são significativamente superiores, justamente pela maior concentração desse componente que é o responsável pela formação da pasta quando a amostra é aquecida em presença de água, essa diferença entre a farinha e o amido já havia sido observada anteriormente por Zhou et al. (2009).

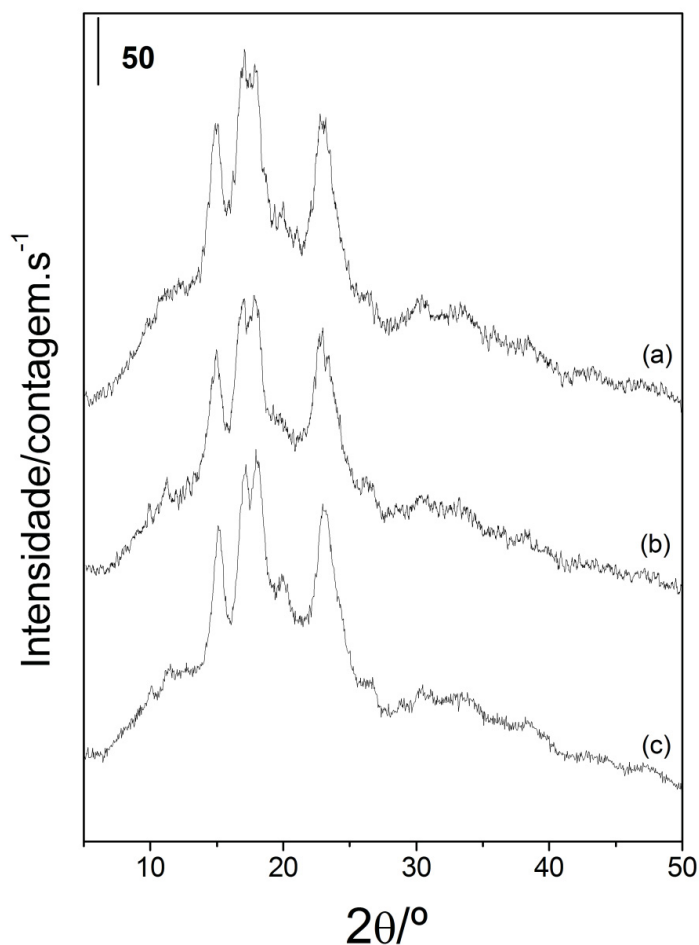
Outros trabalhos foram já realizados a fim de estudar a propriedade de pasta e o comportamento do trigo sarraceno com outros equipamentos, como o Reômetro rotativo Kinexus pro+ (BENDER et al.; 2018) e o Mixolab (HADNADEV; TORBICA, HADNADEV, 2011), entretanto a comparação de resultados se torna inviável sendo que são equipamentos diferentes.

Analisando somente a amostra do (a) amido do trigo sarraceno, vê-se um produto de uso interessante, pelo maior valor de viscosidade de pico e viscosidade final, apesar da alta tendência à retrogradação, o que muitas vezes não é interessante aos produtos alimentícios. Alguns autores já estudam formas de modificar o amido de trigo sarraceno, por exemplo, com a irradiação gama a tendência a retrogradação pode ser diminuída (DAR et al., 2018) ou com tratamento de Alta Pressão Hidrostática (APH) (LIU et al., 2016). Os valores para viscosidade final se aproximam aos obtidos por Malik e Saxena (2016).

3.10 DIFRATOMETRIA DE RAIOS X

Os padrões de difração de raios X do amido e das farinhas estão expostos na Figura 27 e por meio destes padrões, foram medidos os picos de maior intensidade que estão apresentados na Tabela 9.

FIGURA 27 - DIFRATOGRAMAS DE RAIOS X DAS AMOSTRAS: (a) AMIDO DE TRIGO SARRACENO, FARINHA DE (b) TRIGO SARRACENO E (c) ARROZ



Os valores dos picos de maiores intensidades (Tabela 9) foram interpretados e foram classificados, sabendo que existem os padrões do tipo A, B e o intermediário entre A e B, chamado padrão de difração do tipo C (que não é um verdadeiro polimorfo cristalino, mas sim uma mistura de polimorfos A e B). Os amidos de cereais normalmente são classificados por padrão do tipo A. Isso foi observado também nas amostras de trigo sarraceno e arroz analisadas. O padrão do tipo A são caracterizados por picos intensos em 15, 17, 18 e 23° (LIU et al., 2015a; ZHOU et al., 2015; ZHU, 2016b), corroborando assim com os dados encontrados.

TABELA 9 - INTENSIDADE DOS PRINCIPAIS PICOS DOS DIFRATOGRAMAS DE RAIOS X, PARA AS AMOSTRAS: (a) AMIDO DE TRIGO SARRACENO, FARINHA DE (b) TRIGO SARRACENO E (c) ARROZ.

Amostra	Intensidade dos picos a 2θ			
(a)	15,10°	17,08°	17,84°	22,78°
(b)	14,90°	16,98°	17,72°	22,90°
(c)	15,08°	17,18°	17,94°	22,95°

Assim como neste trabalho, picos próximos aos citados na Tabela 9 foram encontrados para o amido e farinha do trigo sarraceno (LIU et al., 2015b) e para a farinha de arroz (KRAITHONG, LEE, RAWDKUEN; 2018; VILLANUEVA et al., 2018).

O grau de cristalinidade relativa calculado pela razão da área dos picos cristalinos pela área total amorfa e cristalina do difratograma está exposto na Tabela 10.

TABELA 10 - GRAU DE CRISTALINIDADE RELATIVA (%) DO (a) AMIDO DE TRIGO SARRACENO, FARINHA DE (b) TRIGO SARRACENO E (c) ARROZ

Amostra	Grau de cristalinidade relativa (%)
(a)	25,98 ± 0,33 ^a
(b)	25,92 ± 0,10 ^a
(c)	25,83 ± 0,27 ^a
DMS	0,8344

O grau de cristalinidade relativa foi calculado em porcentagem, os picos foram determinados em 2 θ . Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey (p<0,05). DMS: Diferença mínima significativa.

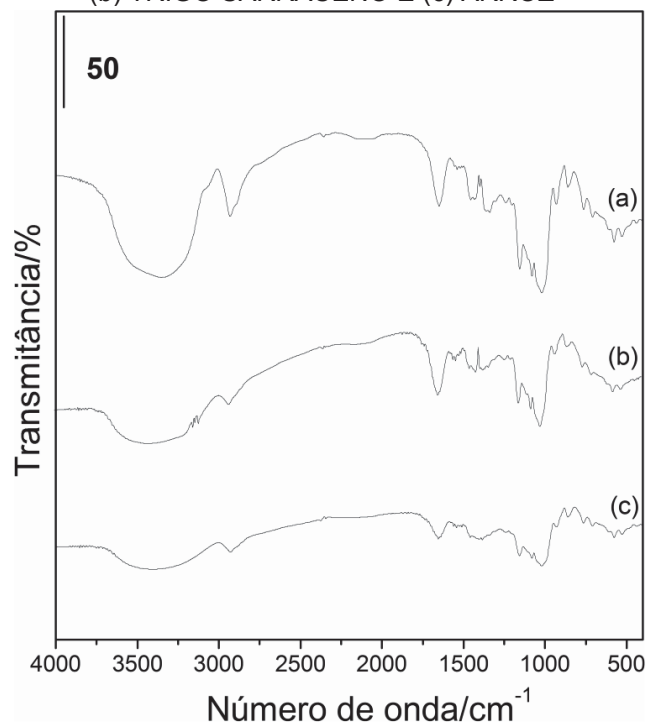
O grau de cristalinidade do amido de trigo sarraceno encontrado na literatura foi de 20,00 % (XIAO et al., 2017), 22,53 % (KUMAR et al., 2017), 24,50 % (DAR et al., 2018), sendo estes valores muito próximos ao encontrados para as amostras de (a) amido e (b) farinha de trigo sarraceno. Para o arroz encontra-se na literatura os valores de 22-23 % (FAROOQ et al., 2018), o que também confirma o resultado obtido por estar próximo a esse intervalo.

3.11 ESPECTROSCOPIA DE INFRAVERMELHO (FTIR)

A espectroscopia de infravermelho é usada para detectar as estruturas presentes em compostos orgânicos, particularmente em termos da presença ou ausência de grupos funcionais (CHRISTA; SORAL-ŚMIETANA, LEWANDOWICZ, 2009).

As curvas obtidas por espectroscopia de infravermelho (FTIR) estão apresentadas na Figura 28.

FIGURA 28 - CURVAS FTIR DAS AMOSTRAS: (a) AMIDO DE TRIGO SARRACENO, FARINHA DE (b) TRIGO SARRACENO E (c) ARROZ



O amplo pico de 3200 a 3500 cm^{-1} é atribuído as bandas de oxigênio-hidrogênio (-OH), referindo a possível presença de água, álcool e fenóis. Polissacarídeos com grande quantidade de grupos OH, como amido e gomas, apresentam bandas largas e intensas próximo de 3300 cm^{-1} pelo estiramento de O-H e, próximo de 1080 cm^{-1} pelo estiramento de C-O (XIAO et al., 2018).

As bandas na região de 2900-3100 cm^{-1} , correspondente ao estiramento C-H, e refere-se aos hidrocarbonetos (WEI et al., 2018). Mas segundo Lian et al., (2014) essas faixas são atribuídas não apenas ao amido, mas também à proteína, o que explica o aparecimento de picos nessa região para a amostra (b) e a ausência na amostra (a).

Um pico intenso na faixa de 2927-2930 cm^{-1} está relacionado às vibrações de estiramento de $-\text{CH}_2$, das unidades de glucose dos polissacarídeos (DAR et al., 2018; LIMA et al., 2012).

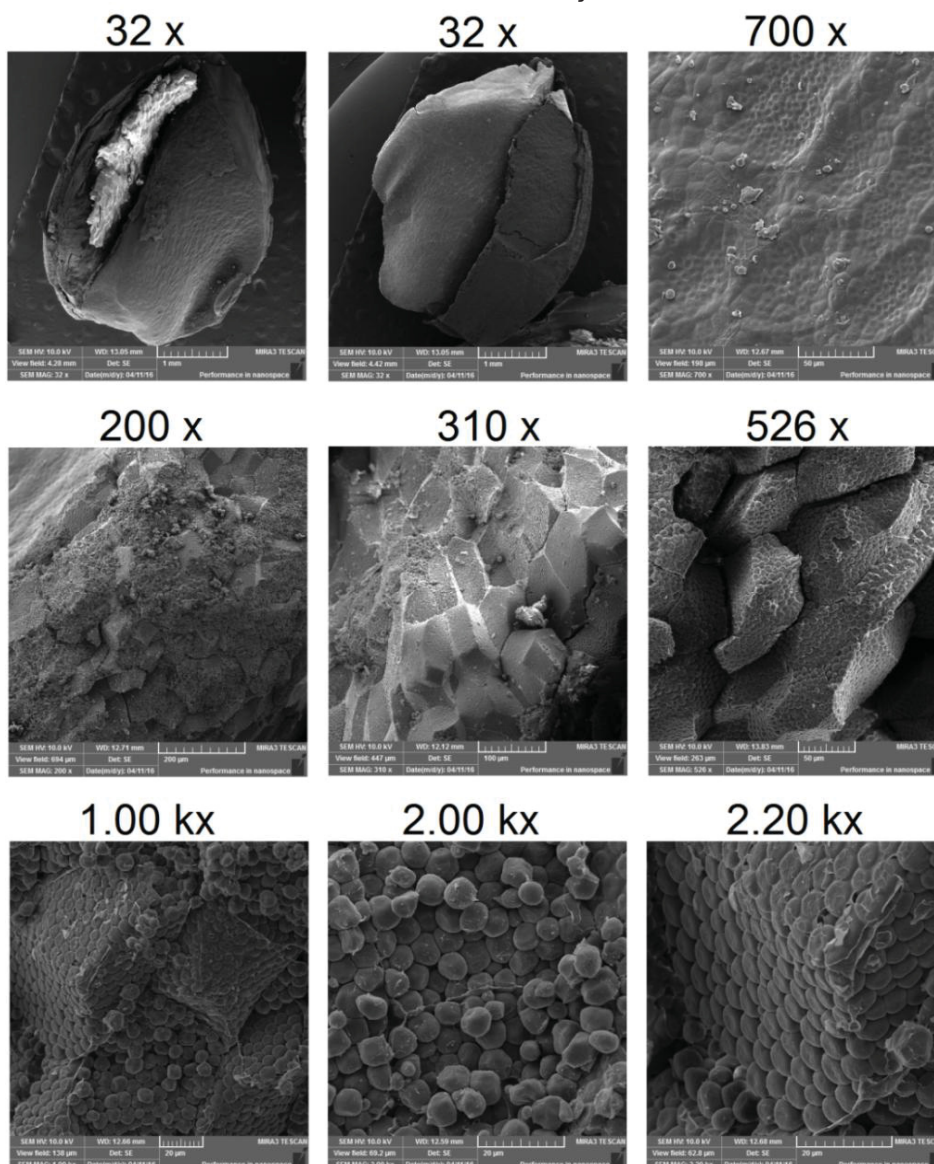
Bandas em aproximadamente 1650 cm^{-1} estão associadas às ligações H-O-H, referentes à água ligada (XIAO et al., 2018; MOREIRA et al., 2017) e bandas de 1200 a 1000 cm^{-1} estão relacionadas a vibrações de deformação axial de C-O em alcoóis e a vibrações de deformação axial do sistema O-C-O e são bandas normalmente encontradas em amidos (LIMA et al., 2012).

O pico a $1006\text{-}1020\text{ cm}^{-1}$ está correlacionado com o estado amorfo no amido (DAR et al., 2018).

3.12 MICROSCÓPIO ELETRÔNICO DE VARREDURA (MEV)

Inicialmente utilizou-se o MEV para obtenção de imagens do grão do trigo sarraceno (ampliação 32x, Figura 29), após isso, em outras ampliações foram realizados cortes no grão a fim de se estudar a morfologia dos grânulos amiláceos dentro dele. Essas imagens, tanto da parte externa e quanto a interna do grão, estão na Figura 29.

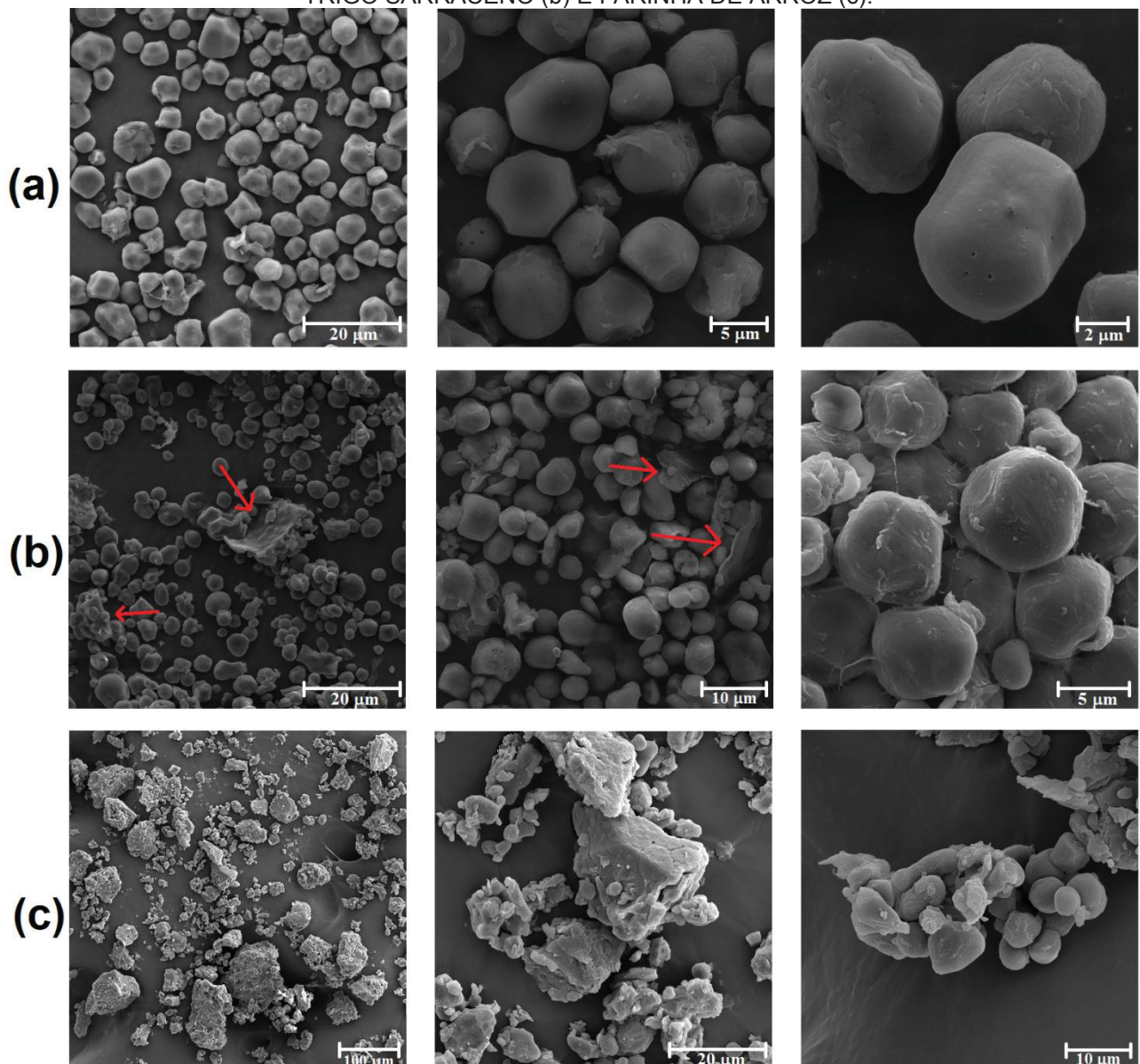
FIGURA 29 - MORFOLOGIA DO GRÃO DO TRIGO SARRACENO OBSERVADA POR MEV EM DIFERENTES AMPLIAÇÕES.



No trigo sarraceno o amido é o maior componente do endosperma. Quando no grão ele se aglomera nas células do endosperma, formando estruturas embaladas firmemente (como mostra a imagem com ampliação 310x e 526x, Figura 29). No centro da semente, os grânulos de amido não são tão compactados como nas células periféricas (GREGORI, KREFT; 2012). O grão de trigo sarraceno e a organização dos grânulos dentro dele, também foram observados por Gregori e Kreft (2012), Hung, Maeda e Morita (2009) e Yuet al. (2018).

Na Figura 30 foram estudados por meio do MEV as amostras de (a) amido e (b) farinha de trigo sarraceno e a (c) farinha de arroz.

FIGURA 30 - IMAGENS DA ESTRUTURA DO AMIDO DO TRIGO SARRACENO (a), FARINHA DE TRIGO SARRACENO (b) E FARINHA DE ARROZ (c).



* Setas vermelhas referem-se à estruturas não amiláceas presente nas farinhas.

Nas imagens referentes a amostra (a), pode-se observar que amido do trigo sarraceno apresenta formato oval, esférico ou poligonal, como já observado na literatura anteriormente (LIU et al., 2015a; DAR et al., 2018), sem qualquer cavidade ou fissura, com superfície lisa (LIU et al., 2015a; WRONKOWSKA; HAROS, 2014).

Os grânulos foram medidos por meio do software do MEV e encontrou-se o tamanho médio de $5,49 \pm 2,38 \mu\text{m}$, semelhante valores foram encontrados por Qian, Rayas-Duarte e Grant (1998) e Neethirajan et al. (2012). O amido de trigo sarraceno é um amido pequeno quando comparado aos amidos tradicionais (milho, batata e mandioca com tamanho médio de 15-30 μm).

Outros elementos, além do amido, foram também observados nas imagens do MEV (destacados na Figura 30 pelas setas vermelhas) realizados no amido (a) e principalmente na (b) farinha de trigo sarraceno, podendo ser identificadas pela forma diferente à de grânulos amiláceos, como visto por Wolter et al., (2013); Wronkowska e Haros, 2014; como também nas amostras deste estudo, sendo sugerido por Dar et al. (2018) que estes sejam a presença de proteínas.

Já as características observadas para a farinha de arroz (c) foram as mesmas já vistas em outros estudos, por Martínez e Gómez (2017), Tong et al., (2015) e Ahmed, Al-Jassar e Thomas (2015).

4. CONCLUSÕES

Tendo em vista os resultados obtidos, percebeu-se a superioridade nutricional da farinha de trigo sarraceno em comparação à farinha de arroz, como já encontrado em alguns estudos, com maiores quantidades de compostos fenólicos, antioxidantes, proteína com maior quantidade de aminoácidos essenciais.

Como esperado o amido apresentou maior viscosidade, retrogradação e poder de gelatinização, por estar em maior concentração na amostra (a) de amido extraído, do que nas farinhas. Mas observando sua possível aplicação em produtos de panificação, constatou-se que a farinha de trigo sarraceno e seu amido têm propriedades interessantes para pães, como além da qualidade nutricional indiscutível, a alta viscosidade e a menor tendência a retrogradar da farinha.

Por meio da difração de raios X foi possível calcular a cristalinidade das amostras e pela microscopia eletrônica de varredura (MEV) observou-se o grão de trigo sarraceno, e as amostras de amido e farinhas. No MEV verificou-se a presença de outros componentes nas farinhas, como proteínas e fibras. Já no amido, foi possível determinar a morfologia e observar a pureza dos grânulos.

**EXPERIMENTO 2 - CARACTERIZAÇÃO DAS MISTURAS DE AMIDO E FARINHA
DE TRIGO SARRACENO E FARINHA DE ARROZ**

RESUMO

Um novo mercado de pães elaborados com diferentes tipos de farinhas mistas, como alternativa ao pão convencional de trigo, vem crescendo pelo grande interesse dos consumidores em uma vida mais saudável ou por restrições alimentares. Para se obter as farinhas mistas que foram caracterizadas neste experimento, utilizaram-se três componentes: farinha de arroz (FA), farinha de trigo sarraceno (FTS) e amido do trigo sarraceno (ATS). Por meio do Delineamento de Misturas simplex-centróide, realizou-se o cálculo das proporções das 9 formulações de farinhas mistas, e para isto foram estabelecidos os limites mínimos e máximos: 50 e 70 % para FA, 10 e 30 % para FTS, 20 e 40 % para ATS. As misturas foram caracterizadas por colorimetria, granulometria, atividade de água e número de queda. Observou-se a importância do amido (ATS) para diminuição da granulometria da Farinha Mista, enquanto que as farinhas de arroz (FA) e trigo sarraceno (FTS) tiveram a tendência de aumentar a granulometria das Farinhas Mistas. Pela análise colorimétrica observou-se que quando a FTS está em maiores proporções na Farinha mista, há um aumento do croma b^* . Concluindo que a proporção influencia diretamente na cor de um futuro produto desenvolvido a partir dessa farinha mista. A atividade de água (A_w) de todas as farinhas foi considerada segura, onde não há risco de crescimento de microorganismos patogênicos.

Palavras-chave: farinhas mistas, farinha de trigo sarraceno, amido de trigo sarraceno, granulometria, colorimetria.

ABSTRACT

A new market of breads made with different types of mixed flour as an alternative to conventional bread is growing, by the great interest of consumers in a healthier life or dietary restrictions. To obtain the mixed flours that were characterized in this experiment, three components were used: rice flour (FA), buckwheat flour (FTS) and buckwheat starch (ATS). Through the simplex-centroid design, the proportions of the 9 formulations of mixed flour were calculated, and for this the minimum and maximum limits were: 50 and 70 % for FA, 10 and 30 % for FTS, 20 and 40 % for ATS. The mixed flours were characterized by colorimetry, granulometric analysis, water activity and falling number. The importance of the buckwheat starch (ATS) to decrease the granulometry of the mixed flour was observed, while the rice (FA) and buckwheat flour (FTS) increase the granulometry. By the colorimetric analysis it was observed that when the FTS is in greater proportions in the mixed flour, there is an increase in the chroma b^* . It means that the proportion directly influences the color of a future product developed from this mixed flour. The water activity (A_w) of all the mixed flours was considered safe, where there is no risk of growth of pathogenic microorganisms.

Keywords: mixed flour, buckwheat flour, buckwheat starch, granulometric analysis, colorimetry.

1. INTRODUÇÃO

A crescente demanda por alimentos inovadores, saborosos e saudáveis (como pães sem glúten, integrais e multigrãos) tem dado origem a um novo mercado de pães, elaborados com diferentes tipos de farinhas mistas, como alternativa ao pão convencional de trigo (GUO; YANG, ZHU, 2019; LIU et al., 2019). Com essa grande necessidade do mercado, as pesquisas em tecnologia de desenvolvimento de pães sem glúten vêm crescendo, onde a maior preocupação e/ou desafio é desenvolver, um pão sem glúten, com uma característica interna similar às propriedades viscoelásticas do glúten, para isso a indústria tem utilizado aditivos (gomos, emulsificantes), amidos ou tem modificado a matriz da farinha (MONTHE et al., 2019). Além dos estudos a fim de encontrar ingredientes funcionais alternativos, com amidos de menor digestibilidade ou de desenvolver pães mais nutritivos (maior quantidade de proteínas, cinzas e propriedades funcionais) (LIU et al., 2019).

A ausência do glúten em produtos de panificação acarreta em um grave problema tecnológico. As proteínas formadoras do glúten são a gliadina e a glutenina. Quando hidratada junto à ação mecânica, a gliadina atua na massa como plastificante, promovendo viscosidade e boa extensibilidade, já a glutenina dá a massa resistência à ruptura, aumentando a elasticidade (SCHEUER et al., 2011).

A farinha de trigo sarraceno (*Fagopyrum esculentum*) tem sido estudada e utilizada no desenvolvimento de produtos sem glúten para melhorar a qualidade sensorial, tecnológica e global do pão (HADNADEV; TORBICA; HADNADEV, 2013).

O trigo sarraceno é uma fonte significativa de rutina, catequinas e polifenóis, com potencial atividade antioxidante, e com proteínas de alto valor nutricional (WRONKOWSKA et al., 2010). Muitos estudos *in vitro* e *in vivo* foram realizados até o momento e comprovam os inúmeros benefícios para a saúde resultante do consumo de trigo sarraceno (GIMENEZ-BASTIDA; ZIELINSKI, 2015).

As farinhas mistas com trigo sarraceno têm sido utilizadas em pães (BUREŠOVÁ et al. 2017; MARIOTTI; PAGANI, LUCISANO, 2013; STOKIC et al., 2015; TURKUT et al., 2016), *cookies* (ALTINDAĞ et al., 2015; TORBICA; HADNADEV, HADNADEV, 2012), *muffins* (ZIELINSKI et al., 2017), *noodles* (BILGIÇLI, 2008; HATCHER et al., 2008; WANG et al., 2019), minipizzas (RODRIGUES, OLIVEIRA; 2010). No mercado brasileiro encontram-se poucos produtos provenientes de farinhas mistas com este grão, dentre os disponíveis, por

exemplo, está o Macarrão de Trigo Sarraceno, Banana Verde e Alecrim da marca Sundhed. Além de ser possível encontrar as sementes do trigo sarraceno em lojas de produto a granel e produtos naturais.

Os planejamentos experimentais de misturas são amplamente aplicados na ciência, especialmente no desenvolvimento de formulações de pães. É um recurso utilizado a fim de reduzir o número de experimentos necessários para se determinar as proporções ótimas de mistura (GOMES et al., 2018). É considerado uma ferramenta experimental para alcançar a excelência de um produto. Quando, no planejamento experimental, dois ou mais componentes são misturados em diferentes proporções, são obtidas as características dos produtos resultantes, ou seja, as respostas. Estas dependem diretamente da proporção de cada componente presente na mistura (ORIVES et al., 2014).

Se objetivou, neste experimento, aplicar o delineamento de misturas simplex-centróide na farinha e amido de trigo sarraceno, e farinha de arroz, avaliando assim o comportamento das 9 formulações de farinhas mistas quanto as propriedades físicas para elaboração de pães sem glúten.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 MATERIAL

O grão de trigo sarraceno descascado utilizado foi doado pela empresa Protecta Comércio de Produtos Agropecuários da cidade de Ponta Grossa/PR. É da variedade IPR – 91 BAILI oriunda do IAPAR – Instituto Agrônômico do Paraná. A produtividade média por alqueire foi de 1.500 kg / hectare, na cidade de Ipiranga/Paraná. O plantio foi realizado em 25/02/2015 e a colheita em 25/05/2015. Realizou-se uma secagem e padronização em 26/05/2015. Após isto se fez o acondicionamento em big-bags em barracão fechado (sem controle de temperatura). O descasque e embalagem foi realizado em 29/10/2015.

Os grãos de arroz utilizados para a fabricação da farinha de arroz foram do TIPO 1, obtido no comércio local de Ponta Grossa/Paraná.

Para obtenção das farinhas de trigo sarraceno e de arroz, as amostras dos grãos foram trituradas em moinho Ika Werke M20 (Carolina do Norte, USA) e peneiradas em peneiras de 42 mesh, com 0,335 mm de abertura. Foram acondicionadas em recipientes fechados e armazenados em local seco e livre da luz.

O amido do trigo sarraceno utilizado foi extraído da farinha do trigo sarraceno pelo método aquoso (BET et al., 2016).

2.2 PLANEJAMENTO FATORIAL SIMPLEX-CENTRÓIDE

Para determinação das proporções das misturas que serão utilizadas no desenvolvimento dos pães, realizou-se um planejamento fatorial simplex-centróide, com 3 repetições no ponto central (BARROS NETO; SCARMÍNIO, BRUNS, 2010).

Os fatores ou variáveis independentes selecionados para o desenvolvimento dos pães foram a farinha de arroz (FA) (X_1), farinha de trigo sarraceno (FTS) (X_2) e amido de trigo sarraceno (ATS) (X_3).

Os máximos e mínimos foram determinados considerando diferentes formulações de pães encontradas na literatura e testes, e estão expostos na Tabela 11.

TABELA 11 - CONCENTRAÇÕES MÍNIMAS E MÁXIMAS ESTABELECIDAS PARA CADA COMPONENTE DAS FARINHAS MISTAS.

Componentes	Mínimos	Máximos
Farinha de arroz (X_1)	0,5	0,7
Farinha de trigo sarraceno (X_2)	0,1	0,3
Amido de trigo sarraceno (X_3)	0,2	0,4

A composição das misturas das farinhas que serão caracterizadas para futura utilização nos pães sem glúten, foi obtida a partir da inserção dos dados no software Statistica 12 (Statsoft Inc., Tulsa, USA), está apresentada na Tabela 12. As formulações 8 e 9 são repetições do ponto central, no caso, a formulação 7.

TABELA 12 - COMPOSIÇÃO DAS 9 FARINHAS MISTAS COM FARINHA DE ARROZ E FARINHA E AMIDO DE TRIGO SARRACENO.

Formulação	Proporção de cada componente na mistura (%)		
	X_1	X_2	X_3
	Farinha de arroz	Farinha de trigo sarraceno	Amido de trigo sarraceno
1	70	10	20
2	50	30	20
3	50	10	40
4	60	20	20
5	60	10	30
6	50	20	30
7	56,67	16,67	26,67
8	56,67	16,67	26,67
9	56,67	16,67	26,67

Com os valores da Tabela 12, foram determinados os pseudocomponentes da mistura, conforme a Equação 1. A visualização dos efeitos das variáveis independentes (proporção de cada farinha) sobre as variáveis dependentes (resposta desejada sobre uma propriedade avaliada) é facilitada pelo cálculo dos pseudocomponentes.

$$x_i = \frac{c_i - a_i}{1 - \sum_{i=1}^q a_i} \quad \text{Equação 1}$$

Onde:

$$0 \leq a_i \leq c_i;$$

$\sum_{i=1}^q a_i < 1$, ou seja, a soma dos componentes deve ser menor que 1;

$$i = 1, 2, 3, \dots, q;$$

q = número de componentes da mistura;

x_i = teor de componente, em termos de pseudocomponente;

c_i = proporção real do componente;

a_i = limite mínimo não-nulo da concentração do componente.

Aplicando na fórmula, obteve-se as Equações 2, 3 e 4.

$$x_{FA} = \frac{c_1 - 0,5}{1 - 0,8} \quad \text{Equação 2}$$

$$x_{FTS} = \frac{c_2 - 0,1}{1 - 0,8} \quad \text{Equação 3}$$

$$x_{ATS} = \frac{c_3 - 0,2}{1 - 0,8} \quad \text{Equação 4}$$

Assim, os ingredientes em estudo puderam ser expressos em pseudocomponentes e estão expostos na Tabela 13. A formulação 7 foi considerada Ponto Central e para o cálculo do erro experimental duas repetições foram adicionadas, formulação 8 e 9.

TABELA 13 - DELINEAMENTO EXPERIMENTAL DA FARINHA DE ARROZ (FA), FARINHA DE TRIGO SARRACENO (FTS) E AMIDO DE TRIGO SARRACENO (ATS).

Formulação	Proporções das farinhas e amido na mistura ternária					
	Concentrações reais			Pseudocomponentes		
	FA (C ₁)	FTS (C ₂)	ATS (C ₃)	FA (X ₁)	FTS (X ₂)	ATS (X ₃)
1	0,70	0,10	0,20	1	0	0
2	0,50	0,30	0,20	0	1	0
3	0,50	0,10	0,40	0	0	1
4	0,60	0,20	0,20	0,5	0,5	0
5	0,60	0,10	0,30	0,5	0	0,5
6	0,50	0,20	0,30	0	0,5	0,5
7	0,56	0,17	0,27	0,34	0,33	0,33
8	0,56	0,17	0,27	0,34	0,33	0,33
9	0,56	0,17	0,27	0,34	0,33	0,33

2.3 ANÁLISES FÍSICAS DAS MISTURAS DE FARINHAS E AMIDO

2.3.1 Grânulometria

A determinação da granulometria foi baseada no método 66 - 20.01 da AACC (1999). Inicialmente as peneiras foram pesadas, bem como o suporte. As cinco peneiras foram empilhadas, na respectiva ordem 30, 40, 60, 80 e 100 mesh. Exatamente $100,00 \pm 0,01$ g de amostra foi transferida para a peneira superior do conjunto (30 mesh). As amostras foram peneiradas por 5 minutos em agitador Rotachoc Chopin (França). Posteriormente todas as peneiras foram repesadas para o cálculo percentual retido em cada peneira.

O resultado foi calculado da seguinte maneira:

$$P2 - P1_{(30)} = \% \text{ retido}_{(30 \text{ Mesh})}$$

$$P2 - P1_{(40)} = \% \text{ retido}_{(40 \text{ Mesh})}$$

$$P2 - P1_{(60)} = \% \text{ retido}_{(60 \text{ Mesh})}$$

$$P2 - P1_{(80)} = \% \text{ retido}_{(80 \text{ Mesh})}$$

$$P2 - P1_{(100)} = \% \text{ retido}_{(100 \text{ Mesh})}$$

Sendo:

P1 - peso da peneira vazia (g);

P2 - peso da peneira + resíduo após peneiramento (g).

2.3.2 Colorimetria

Utilizou-se o espectrofotômetro MiniScan XE Plus (*HunterLab*) para determinação dos parâmetros estabelecidos pelo CIE (*Commission Internationale de l'Eclairage*, ou em português, Comissão Internacional da Iluminação) os quais são L^* , a^* , b^* : O L^* corresponde a luminosidade, que varia de 0 (preto) a 100 (branco), a^* , que varia de verde (negativo) a vermelha (positivo) e b^* , que varia de azul (negativo) a amarela (positivo). O equipamento foi previamente calibrado utilizando os padrões branco e preto fornecidos pelo fabricante junto com o equipamento (REDDY; VIDYA, HARIPRIYA, 2015).

2.3.3 Atividade de água

A atividade de água das misturas das farinhas foi medida pelo método direto, a 25 °C, por meio do analisador Aqualab 3T, da Decagon Devices. Seguindo a metodologia 978.18 “*Water Activity of Canned Vegetables*” aprovada pela AOAC (2005).

2.3.4 Número de queda

A análise do Número de queda foi baseada no Método 56 - 81.03 da AACC (1999). Inicialmente adicionou-se $25 \pm 0,3$ mL de água deionizada a 22 ± 2 °C em um tubo viscosimétrico seco e com o auxílio de um funil se adicionou $7 \pm 0,05$ g de amostra. Agitou-se o tubo até completa mistura da amostra e água. Após 30 a 60 segundos da adição da água, o tubo foi inserido no agitador viscosimétrico do equipamento *Falling Number 1700 (Perten Instruments, Suécia)* que agita a amostra por 60 segundos e seu funcionamento é acionado. Os valores corrigidos são fornecidos pelo software do equipamento.

2.4 ANÁLISE ESTATÍSTICA

As respostas obtidas nas análises realizadas foram submetidas à análise de variância (ANOVA), aplicando em seguida a regressão múltipla linear com base na metodologia da superfície de resposta (RSM) para propor equações matemáticas, que explicassem os efeitos das proporções de farinha de arroz (FA), farinha de trigo sarraceno (FTS) e amido do trigo sarraceno (ATS) nas respostas das análises. O modelo generalizado de equação usado para modelar os dados experimentais, está na Equação 5.

$$Y = \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 + \beta_{12} X_1 X_2 + \beta_{13} X_1 X_3 + \beta_{23} X_2 X_3 + \beta_{123} X_1 X_2 X_3$$

Onde:

Y é a resposta estudada;

$\beta_1, \beta_2, \beta_3, \beta_{12}, \beta_{13}, \beta_{23}$ e β_{123} são os coeficientes de regressão;

X_1 , X_2 e X_3 são as variáveis independentes (farinha de arroz, trigo sarraceno e amido de trigo sarraceno).

A qualidade do ajuste do modelo foi avaliada pelo coeficiente de regressão (R^2) e o coeficiente regressão ajustado (R^2_{aj}). As respostas obtidas foram visualizadas nos gráficos de superfície de resposta para cada variável dependente, com base nos modelos ajustados, utilizando o software Statística 12.0 (StatSoft, Inc., Tulsa, OK, USA).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 GRÂNULOMETRIA

A distribuição granulométrica das farinhas mistas de farinha de trigo sarraceno, farinha de arroz e amido de trigo sarraceno está apresentada na Tabela 14.

TABELA 14 - DISTRIBUIÇÃO GRANULOMÉTRICA DAS FARINHAS MISTAS.

Formulação	Retenção de partículas (g/ 100g)					
	Abertura da malha					
	590 µm / 30 mesh	420 µm / 40 mesh	250 µm / 60 mesh	177 µm / 80 mesh	149 µm / 100 mesh	149 µm / > 100 mesh
1	0,61 ± 0,02 ^{bc}	7,70 ± 0,10 ^b	25,73 ± 0,21 ^a	28,23 ± 3,12 ^d	25,70 ± 1,32 ^a	12,03 ± 1,99 ^a
2	0,50 ± 0,00 ^c	5,77 ± 0,06 ^d	20,53 ± 0,12 ^d	39,70 ± 0,20 ^c	23,37 ± 0,42 ^a	10,13 ± 0,32 ^a
3	0,17 ± 0,06 ^d	3,77 ± 0,15 ^f	18,60 ± 0,82 ^e	55,00 ± 5,07 ^a	12,33 ± 3,15 ^c	10,13 ± 1,33 ^a
4	0,90 ± 0,10 ^a	9,03 ± 0,60 ^a	23,47 ± 0,50 ^b	39,30 ± 1,70 ^c	17,57 ± 1,24 ^b	9,73 ± 0,38 ^a
5	0,86 ± 0,04 ^{ab}	4,90 ± 0,20 ^e	22,10 ± 0,36 ^c	45,88 ± 1,49 ^{bc}	15,93 ± 0,81 ^{bc}	10,33 ± 0,12 ^a
6	0,46 ± 0,25 ^c	4,87 ± 0,15 ^e	18,60 ± 0,30 ^e	48,50 ± 0,10 ^{ab}	16,57 ± 0,81 ^b	11,00 ± 0,70 ^a
7	0,81 ± 0,07 ^{ab}	5,80 ± 0,00 ^d	21,63 ± 0,21 ^{cd}	44,37 ± 1,74 ^{bc}	16,42 ± 1,26 ^{bc}	10,97 ± 0,47 ^a
8	0,90 ± 0,00 ^a	6,87 ± 0,06 ^c	21,63 ± 0,55 ^{cd}	45,73 ± 0,59 ^{bc}	14,60 ± 0,60 ^{bc}	10,27 ± 0,21 ^a
9	0,90 ± 0,00 ^a	7,53 ± 0,12 ^{bc}	21,83 ± 0,12 ^c	44,67 ± 0,68 ^{bc}	14,57 ± 0,58 ^{bc}	10,50 ± 0,30 ^a
DMS*	0,2796	0,6944	1,2712	6,7799	4,1774	2,6772

*DMS: Diferença Mínima Significativa. Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey (p<0,05).

**Sendo FA, farinha de arroz, FTS, farinha de trigo sarraceno e ATS, amido de trigo sarraceno, as proporções das formulações são: 1: 0,70 de FA, 0,10 de FTS e 0,20 de ATS; 2: 0,50 de FA, 0,30 de FTS e 0,20 de ATS; 3: 0,50 de FA, 0,10 de FTS e 0,40 de ATS; 4: 0,60 de FA, 0,20 de FTS e 0,20 de ATS; 5: 0,60 de FA, 0,10 de FTS e 0,30 de ATS; 6: 0,50 de FA, 0,20 de FTS e 0,30 de ATS; 7, 8 e 9: 0,56 de FA, 0,17 de FTS e 0,27 de ATS.

No Brasil, tem-se somente Legislação vigente para a Farinha de Trigo Comum. A Instrução Normativa nº 8, de 2 de junho de 2005 (BRASIL, 2005) determina para Farinhas do Tipo 1 e 2 que 95 % do produto deve passar pela peneira com abertura de malha de 250 µm / 60 mesh. Entretanto, não há determinação deste parâmetro para farinha de trigo integral. Sendo assim, não é possível comparar as Farinhas Mistas produzidas neste trabalho, com o estabelecido pela legislação brasileira para a Farinha de Trigo Comum. Pois além da ausência da Farinha de Trigo Comum, as farinhas utilizadas possuem maior granulometria naturalmente, por serem integrais, além das condições de moagem diferenciadas por terem sido moídas em laboratório.

Segundo Rodriguez et al. (2019) o tamanho das partículas da farinha afeta significativamente as suas propriedades físico-químicas. Com o aumento da área de superfície por unidade de volume pode-se esperar uma distribuição diferente dos macronutrientes e componentes funcionais, assim como um aumento na biodisponibilidade ou na taxa de digestão, o que chega a afetar até mesmo parâmetros nutricionais do produto. Os pesquisadores Al-Rabadi, Gilbert e Gidley (2009) comprovaram com farinha de cevada e sorgo que a cinética da digestão do amido pela alfa-amilase foi influenciada pelo tamanho de partícula de farinhas.

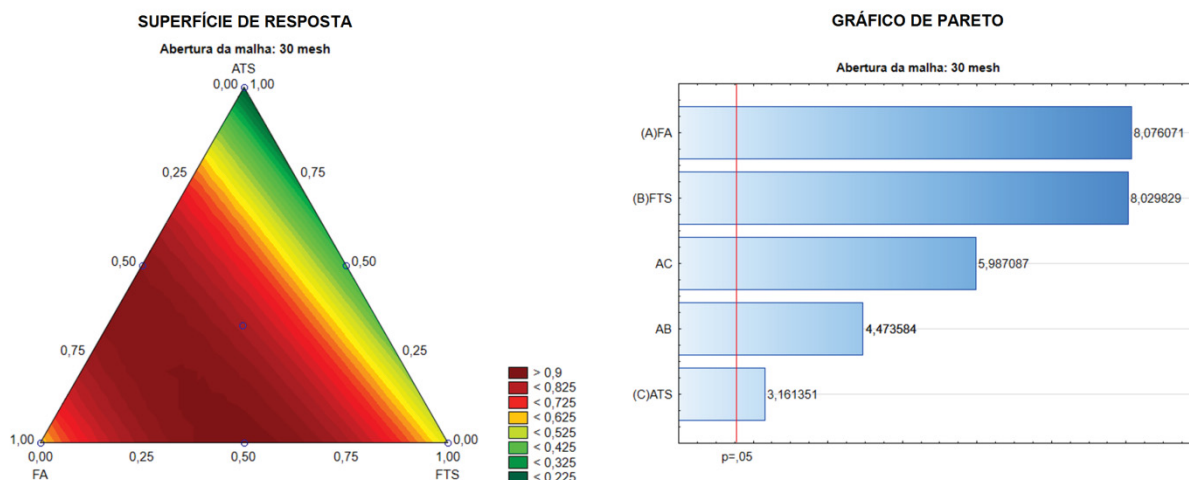
Yu et al. (2018) observaram que a granulometria da farinha influencia até mesmo na cor das mesmas. Quanto mais finas, ou seja, menor o tamanho das partículas, há um aumento da superfície permitindo maior reflexão da luz e, portanto, um aumento da brancura da farinha.

As propriedades mecânicas de produtos de panificação dependem grandemente de sua estrutura celular. A qualidade do miolo do pão é definida pelo tamanho, distribuição e a forma dos grânulos da farinha o que afeta amplamente as propriedades sensoriais do produto, influenciando na compra do consumidor (LASSOUED et al., 2007).

Os modelos matemáticos de regressão das peneiras de 30, 80 e 100 mesh foram significativos ($p < 0,05$).

Observando os dados da Figura 31, pôde-se observar que a interação da Farinha de arroz (A) e do Amido do trigo sarraceno (C), ou seja, interação AC foi significativa, assim como, a interação da Farinha de arroz (A) e da Farinha do trigo sarraceno (B), ou seja, interação AB, isso pode ser observado pelo Gráfico de Pareto. Já pelo Gráfico de Superfície de resposta pôde-se constatar que quando se tem maior quantidade de Farinha de arroz (A) na farinha mista, há uma porcentagem maior retido na peneira de 30 mesh. Não houve significância na interação BC. Assim podemos concluir que em interações onde não se considerou a Farinha de arroz (A), não se obteve significância para granulometrias menores, como neste caso. Mostrando a importância dessa farinha para diminuir a granulometria das farinhas mistas.

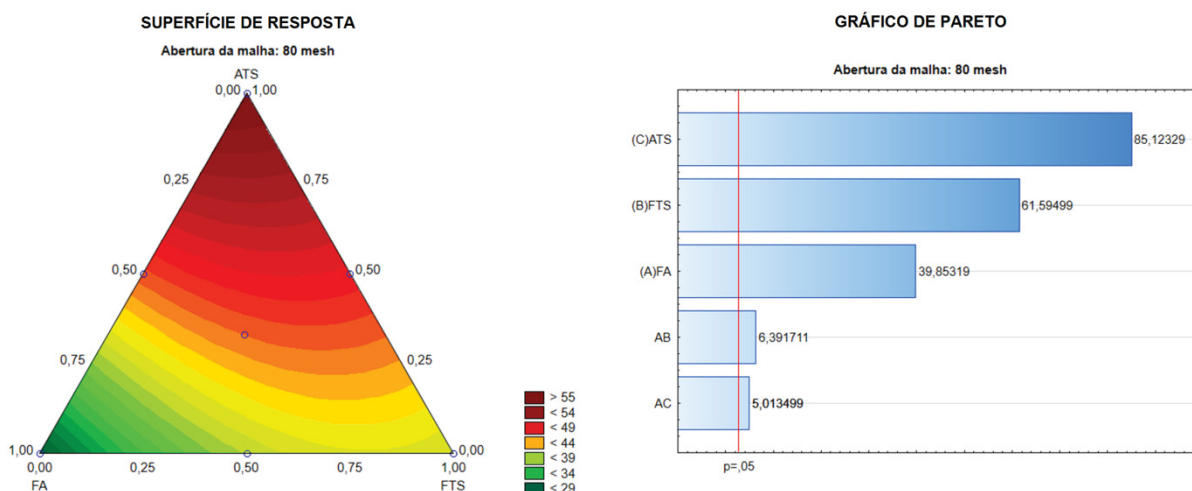
FIGURA 31 - SUPERFÍCIE DE RESPOSTA E GRÁFICO DE PARETO PARA A RESPOSTA DA ANÁLISE GRANULOMÉTRICA NA MALHA DE 30 MESH.



Pelos os dados da Figura 32, pode-se observar uma menor interação quando comparada com a Peneira de 30 mesh (Figura 31), mas ainda assim significativas para AB (Farinha de arroz (A) e da Farinha do trigo sarraceno (B)) e AC (Farinha de arroz (A) e do Amido do trigo sarraceno (C)), como se vê pelo Gráfico de Pareto.

Já pelo Gráfico de Superfície de resposta (Figura 32) pode-se constatar uma resposta diferenciada à discutida anteriormente. Neste caso (Peneira com abertura de 80 mesh) observa-se uma maior influência do Amido do Trigo Sarraceno (C) sobre a resposta, ou seja, quanto maior a quantidade deste componente na mistura da Farinha Mista há uma maior porcentagem de farinha retida nesta granulometria.

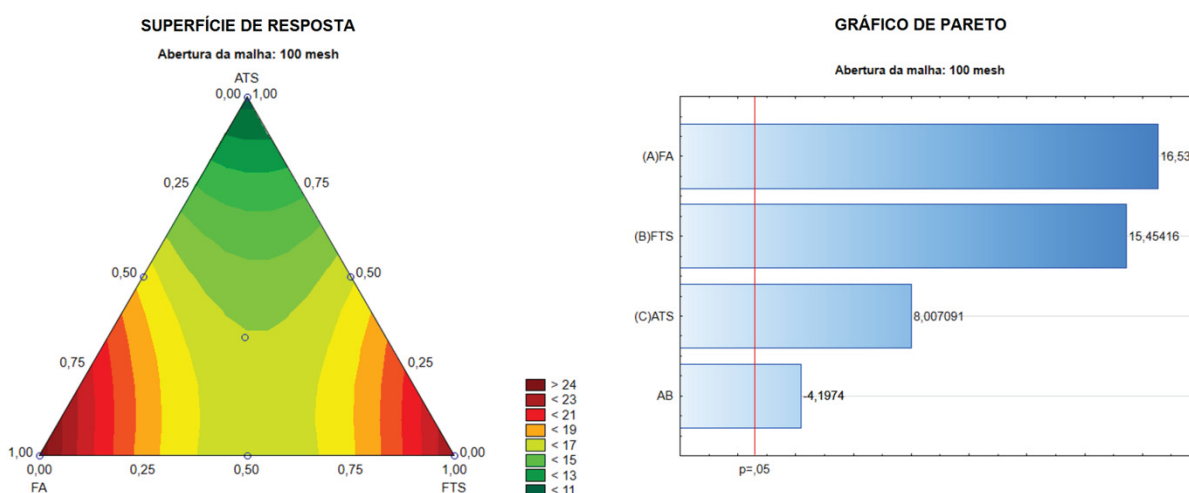
FIGURA 32 - SUPERFÍCIE DE RESPOSTA E GRÁFICO DE PARETO PARA A RESPOSTA DA ANÁLISE GRANULOMÉTRICA NA MALHA DE 80 MESH.



Na Figura 33 estão expostos os resultados obtidos para a Peneira de abertura de 100 mesh. Pode-se observar que a única interação que teve significância ($p < 0,05$) foi a AB (Farinha de arroz (A) e da Farinha do trigo sarraceno (B)) como visto por meio do Gráfico de Pareto.

Pelo Gráfico de Superfície de resposta (Figura 33) pode-se observar que quando a Farinha de arroz (A) ou a Farinha de trigo sarraceno (B) estão em suas maiores concentrações nas Farinhas Mistas, há um aumento na porcentagem de retenção naquela faixa, ou seja, ficam retidas na Peneira com abertura de 149 μm / 100 mesh. Dessa forma pode-se constatar também que o componente de menor granulometria (como esperado) é o Amido de trigo sarraceno (C) e quando ele está em menores concentrações na Farinha Mista, ela acaba tendo maior porcentagem retida na Peneira de maior tamanho.

FIGURA 33 - SUPERFÍCIE DE RESPOSTA E GRÁFICO DE PARETO PARA A RESPOSTA DA ANÁLISE GRANULOMÉTRICA NA MALHA DE 100 MESH.



Os dados contidos na Tabela 14 foram modelados por meio da metodologia de Superfície de Resposta (RSM). Na Tabela 15 estão expostos o modelo de regressão, o nível de significância (p) e o coeficiente de determinação (R^2) e coeficiente de determinação ajustado (R^2 ajustado).

TABELA 15 - COEFICIENTES DE REGRESSÃO OBTIDOS PELA METODOLOGIA DA SUPERFÍCIE DE RESPOSTA PARA MODELAR OS EFEITOS DE FA, FTS E ATS PARA GRANULOMETRIA.

Propriedades	Coefficiente de regressão	Erro padrão	p valor
<i>Abertura da malha de 30 mesh</i>			
(A) FA	0,603365	0,074710	0,001277
(B) FTS	0,549784	0,068468	0,001305
(C) ATS	0,216450	0,068468	0,034140
AB	1,458185	0,325955	0,011044
AC	1,951519	0,325955	0,003913
R ²	0,9581		
R ² ajustado	0,9162		
p valor (modelo)	0,003939		
p valor (falta de ajuste)	0,220801		
<i>Abertura da malha de 80 mesh</i>			
(A) FA	28,27862	0,709570	0,000002
(B) FTS	40,05403	0,650281	0,000000
(C) ATS	55,35403	0,650281	0,000000
AB	19,78744	3,095797	0,003076
AC	15,52078	3,095797	0,007419
R ²	0,99530		
R ² ajustado	0,99060		
p valor (modelo)	0,002874		
p valor (falta de ajuste)	0,504400		
<i>Abertura da malha de 100 mesh</i>			
(A) FA	24,5775	1,486223	0,000015
(B) FTS	22,9857	1,487345	0,000021
(C) ATS	10,5378	1,316061	0,000491
AB	-29,6785	7,070674	0,008511
R ²	0,9106		
R ² ajustado	0,8569		
p valor (modelo)	0,008511		
p valor (falta de ajuste)	0,240092		

R² = coeficiente de determinação;R² ajustado = coeficiente de determinação ajustado;

p valor = probabilidade de significância.

Percebe-se que o modelo foi bem ajustado pelos valores altos de R² e R² ajustado, com valores acima de 0,85. Além dos valores de p valor (modelo) abaixo de 0,05; e p valor (falta de ajuste) acima de 0,5.

3.2 COLORIMETRIA

Tendo em vista o significado dos parâmetros de cores são: L* = 0, preto; L* = 100, branco; -a* = verde; +a* = vermelho; -b* = azul e +b* = amarelo, pode-se observar as características das Farinhas Mistas pelos dados apresentados na Tabela 16. Nesse contexto pode-se afirmar que as farinhas mistas estão próximas a coloração branca (com valores de L* de 88 a 90), tendem a cor esverdeada pelos valores obtidos de a* e azulada pelos valores de b*. Na literatura já foi comprovado que o método de moagem influencia diretamente na cor da farinha de trigo

sarraceno e de farinhas como um todo (YU et al., 2018), pois esse parâmetro é influenciado pelo tamanho das partículas e a forma que absorve a luz.

TABELA 16 - COORDENADAS DE CROMATICIDADE L*,a* E b* DAS FARINHAS MISTAS.

Formulação	Coordenadas da cromaticidade		
	L*	a*	b*
1	89,48 ± 0,14 ^c	-0,25 ± 0,06 ^{cd}	6,85 ± 0,18 ^b
2	88,08 ± 0,11 ^f	-0,03 ± 0,02 ^a	7,28 ± 0,06 ^a
3	90,52 ± 0,07 ^a	-0,25 ± 0,01 ^{cd}	5,72 ± 0,05 ^d
4	88,54 ± 0,17 ^e	-0,17 ± 0,03 ^b	7,43 ± 0,07 ^a
5	89,84 ± 0,10 ^b	-0,30 ± 0,03 ^d	6,52 ± 0,08 ^c
6	89,08 ± 0,11 ^d	-0,19 ± 0,02 ^b	6,82 ± 0,11 ^b
7	89,09 ± 0,13 ^d	-0,22 ± 0,01 ^{bc}	6,90 ± 0,10 ^b
8	89,17 ± 0,12 ^d	-0,25 ± 0,02 ^{cd}	6,92 ± 0,07 ^b
9	89,20 ± 0,08 ^d	-0,22 ± 0,03 ^{bc}	6,91 ± 0,06 ^b
DSM*	0,2171	0,0587	0,1873

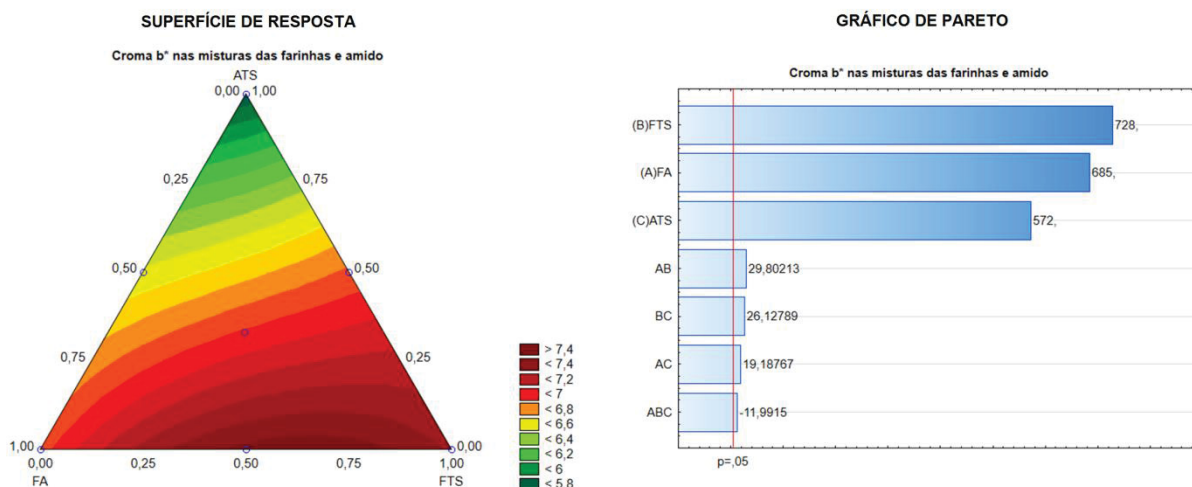
*DMS: Diferença Mínima Significativa. Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey (p<0,05).

**Sendo FA, farinha de arroz, FTS, farinha de trigo sarraceno e ATS, amido de trigo sarraceno, as proporções das formulações são: 1: 0,70 de FA, 0,10 de FTS e 0,20 de ATS; 2: 0,50 de FA, 0,30 de FTS e 0,20 de ATS; 3: 0,50 de FA, 0,10 de FTS e 0,40 de ATS; 4: 0,60 de FA, 0,20 de FTS e 0,20 de ATS; 5: 0,60 de FA, 0,10 de FTS e 0,30 de ATS; 6: 0,50 de FA, 0,20 de FTS e 0,30 de ATS; 7, 8 e 9: 0,56 de FA, 0,17 de FTS e 0,27 de ATS.

Os modelos plotados para L* e a* não apresentaram significância quanto à interação dentre as farinhas. O único modelo que foi significativo (p<0,05) foi o elaborado para o croma b*. O gráfico de Superfície de resposta e o Gráfico de Pareto estão apresentados na Figura 34.

Pode-se observar pelo Gráfico de Superfície de resposta que há o aumento do croma b* com o aumento da concentração da Farinha de trigo sarraceno (FTS) e há uma diminuição do croma b* com o aumento do Amido do Trigo sarraceno (ATS) na composição da Farinha Mista. Sendo assim, constata-se que as farinhas mistas apresentaram-se mais escuras, verdes e amarelas (características referentes ao croma b*) com o aumento da concentração de FTS.

FIGURA 34 - SUPERFÍCIE DE RESPOSTA E GRÁFICO DE PARETO PARA A RESPOSTA DA ANÁLISE DE COLORIMETRIA - CROMA b^* .



Na Tabela 17 estão dispostos o modelo de regressão, o nível de significância (p) e o coeficiente de determinação (R^2) e coeficiente de determinação ajustado (R^2 ajustado) para croma b^* .

TABELA 17 - COEFICIENTES DE REGRESSÃO OBTIDOS PELA METODOLOGIA DA SUPERFÍCIE DE RESPOSTA PARA MODELAR OS EFEITOS DE FA, FTS E ATS PARA O CROMA b^* .

Propriedades	Coeficiente de regressão	Erro padrão	p valor
<i>Croma b^* nas misturas das farinhas e amido</i>			
(A) FA	6,85000	0,010000	0,000002
(B) FTS	7,28000	0,010000	0,000002
(C) ATS	5,72000	0,010000	0,000003
AB	1,46000	0,048990	0,001124
AC	0,94000	0,048990	0,002705
BC	1,28000	0,048990	0,001462
ABC	-3,17809	0,265028	0,006883
R^2	0,9999		
R^2 ajustado	0,9996		
p valor (modelo)	0,006883		
p valor (falta de ajuste)	0,240092		

R^2 = coeficiente de determinação;

R^2 ajustado = coeficiente de determinação ajustado;

p valor = probabilidade de significância

3.3 ATIVIDADE DE ÁGUA

Os valores da atividade de água (A_w) para as amostras de Farinha Mistas estão apresentadas na Tabela 18.

A atividade de água é uma propriedade fundamental no controle de qualidade de alimentos. Chisté et al. (2006) afirmaram que apesar de não se ter uma

legislação específica para a atividade de água em farinhas no Brasil, considera-se a atividade de água de 0,60 como o limite mínimo capaz de permitir o desenvolvimento de microrganismo, dessa forma se pode considerar farinhas, por serem alimentos desidratados, microbiologicamente estáveis.

Tendo em vista que os valores de atividade de água apresentadas na Tabela 18 variam de 0,517 a 0,552, estes produtos estão em uma A_w considerada segura, quanto ao aspecto sanitário, pois se sabe que não há crescimento de bactérias patogênicas nesta faixa.

TABELA 18 - ATIVIDADE DE ÁGUA (A_w) DAS FARINHAS MISTAS.

Formulação	Atividade de água(A_w , 25°C)
1	0,544 ± 0,007 ^a
2	0,545 ± 0,005 ^a
3	0,521 ± 0,003 ^a
4	0,541 ± 0,005 ^a
5	0,538 ± 0,011 ^a
6	0,547 ± 0,006 ^a
7	0,517 ± 0,004 ^a
8	0,552 ± 0,001 ^a
9	0,545 ± 0,002 ^a
DMS	0,0344

*DMS: Diferença Mínima Significativa. Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

**Sendo FA, farinha de arroz, FTS, farinha de trigo sarraceno e ATS, amido de trigo sarraceno, as proporções das formulações são: 1: 0,70 de FA, 0,10 de FTS e 0,20 de ATS; 2: 0,50 de FA, 0,30 de FTS e 0,20 de ATS; 3: 0,50 de FA, 0,10 de FTS e 0,40 de ATS; 4: 0,60 de FA, 0,20 de FTS e 0,20 de ATS; 5: 0,60 de FA, 0,10 de FTS e 0,30 de ATS; 6: 0,50 de FA, 0,20 de FTS e 0,30 de ATS; 7, 8 e 9: 0,56 de FA, 0,17 de FTS e 0,27 de ATS.

Encontrou-se na literatura outras farinhas que também foram estudadas quanto à atividade de água: 0,574 (DAUDT et al., 2016) e 0,529 (DAUDT et al., 2017) para a farinha de pinhão, 0,384-0,479 para farinha de mandioca (FERREIRA NETO; FIGUEIRÊDO, QUEIROZ, 2005), 0,81 para farinha de bagaço de maçã (COELHO; WOSIACKI, 2010), 0,14-0,34 para farinha de banana verde (SANTOS et al., 2010). Não foram encontrados dados para farinha de trigo sarraceno.

Pela metodologia de superfície de resposta (MSR) não foi obtido nenhuma interação significativa entre as farinhas para o parâmetro de atividade de água.

3.4 NÚMERO DE QUEDA

Também conhecido por *Falling Number*, o número de queda é obtido mensurando o tempo necessário para a enzima alfa-amilase liquefazer o gel de amido da farinha. Os tempos obtidos para cada Farinha Mista estão apresentados na Tabela 19.

TABELA 19 - NÚMERO DE QUEDA DAS FARINHAS MISTAS DE FARINHA E AMIDO DE TRIGO SARRACENO E FARINHA DE ARROZ.

Formulação	Número de queda (segundos)
1	999,00 ± 0
2	999,00 ± 0
3	999,00 ± 0
4	999,00 ± 0
5	999,00 ± 0
6	999,00 ± 0
7	999,00 ± 0
8	999,00 ± 0
9	999,00 ± 0

**Sendo FA, farinha de arroz, FTS, farinha de trigo sarraceno e ATS, amido de trigo sarraceno, as proporções das formulações são: 1: 0,70 de FA, 0,10 de FTS e 0,20 de ATS; 2: 0,50 de FA, 0,30 de FTS e 0,20 de ATS; 3: 0,50 de FA, 0,10 de FTS e 0,40 de ATS; 4: 0,60 de FA, 0,20 de FTS e 0,20 de ATS; 5: 0,60 de FA, 0,10 de FTS e 0,30 de ATS; 6: 0,50 de FA, 0,20 de FTS e 0,30 de ATS; 7, 8 e 9: 0,56 de FA, 0,17 de FTS e 0,27 de ATS.

Quando os valores do número de queda são inferiores a 150 segundos sabe-se que há alta atividade enzimática, já entre 200 e 350 segundos, se diz que há ótima atividade enzimática, resultando em pães de miolo firme com grande volume e boa textura (GUTKOSKI et al., 2008). Mas quando o número de queda é igual ou superior que 350 segundos, significa que a atividade enzimática da alfa-amilase nesta farinha é baixa. O que resulta em pães poucos desenvolvidos, com pouco volume e com miolo muito seco e quebradiço (GUARIENTI, 1996).

Como se pode observar pelos valores apresentados na Tabela 19, todas as amostras de farinhas mistas analisadas atingiram o platô máximo do equipamento (999 segundos), não sendo assim possível uma medição exata acima desses valores. Isso acontece pela baixa quantidade / ausência da enzima alfa amilase no grão de trigo sarraceno e no arroz.

Mas segundo Guarienti (1996) a baixa atividade enzimática em uma farinha não é um problema tecnológico grave e pode ser solucionado facilmente

adicionando à formulação, reforçadores ou melhoradores que contenham em sua composição a enzima alfa-amilase fúngica, a fim de se suprir esse déficit existente na farinha.

Outros recursos tecnológicos podem ser utilizados também para fabricação do pão sem glúten desenvolvidos com as Farinhas Mistas estudadas, além do uso de enzimas (VERARDO et al., 2018), pode-se utilizar gomas (MOHAMMADI et al., 2015; TURKUT et al., 2016), e outros aditivos ou emulsificantes naturais como a albumina do ovo (PHONGTHAI et al., 2016), como já vem sendo estudado na literatura.

4. CONCLUSÕES

Conclui-se que por meio das análises utilizadas foi possível caracterizar as farinhas mistas estabelecidas pelo planejamento experimental simplex centróide.

Observou-se a importância do amido (ATS) para diminuição da granulometria da Farinha Mista, enquanto que as farinhas de arroz (FA) e trigo sarraceno (FTS) tiveram a tendência de aumentar a granulometria das Farinhas Mistas.

Observou-se que cada componente pode influenciar a cor da Farinha Mista, principalmente no croma b^* , onde se obteve uma interação significativa ($p < 0,05$) e percebeu-se que com o aumento da Farinha de trigo sarraceno, havia um aumento do croma b^* . Influenciando assim diretamente na cor de um futuro produto desenvolvido a partir dessa farinha mista.

Constatou-se que todas as farinhas mistas apresentaram atividade de água (A_w) entre valores considerados seguros, onde se inibe o crescimento de bactérias patogênicas. Observou-se que todas as 9 farinhas mistas estudadas, apresentam-se com baixa atividade enzimática, pela análise de Número de queda.

**EXPERIMENTO 3 - DESENVOLVIMENTO E CARACTERIZAÇÃO DE PÃO SEM
GLÚTEN COM AMIDO E FARINHA DE TRIGO SARRACENO E FARINHA DE
ARROZ**

RESUMO

Produzir pães sem glúten de alta qualidade e nutritivos é um grande desafio tecnológico. Neste experimento desenvolveram-se 9 formulações de pães sem glúten, combinando farinhas mistas de três componentes: farinha de arroz (FA), farinha de trigo sarraceno (FTS) e amido de trigo sarraceno (ATS). As proporções das farinhas mistas foram estabelecidas por meio do Delineamento de Misturas simplex-centróide, para isto foram definidos os limites mínimos e máximos: 50 e 70 % para FA, 10 e 30 % para FTS, 20 e 40 % para ATS. Após a elaboração dos pães, foram realizadas as análises físicas, microbiológicas e sensoriais. Realizou-se o teste de aceitação e intenção de compra (realizados com 124 provadores) e o Teste de Perfil Livre. Além de ter sido aplicado um questionário de Pesquisa de consumo com 959 pessoas. Constatou-se que as nove formulações de pães sem glúten desenvolvidos apresentaram boa aparência e estrutura, alvéolos bem desenvolvidos, bom crescimento e cor da crosta interessante. Ao longo da vida de prateleira observou-se a diminuição do peso do pão, pela perda de umidade. A análise microbiológica atestou-se a segurança alimentar dos produtos desenvolvidos com ausência de Coliformes a 45 °C/g e *Salmonella sp*/25g. Na análise sensorial avaliou-se as amostras quanto a cor, sabor, textura e aceitação global, onde, os produtos desenvolvidos foram bem aceitos pelos consumidores, obtendo 93,5 % de intenção de compra por parte dos provadores. Pelo Teste de Perfil Livre, os pães foram classificados com sabor e aspecto integral e aparência e sabor característico de pão. Foi considerado um produto macio e com boas estruturas dos alvéolos do miolo.

Palavras-chave: pão sem glúten, trigo sarraceno, textura, perfil livre, análise sensorial.

ABSTRACT

To produce gluten-free breads high quality and nutritious is a major technological challenge. In this experiment 9 formulations of gluten-free breads were developed, combining mixed flour of three components: rice flour (FA), buckwheat flour (FTS) and buckwheat starch (ATS). The proportions of mixed flours were determined through the simplex-centroid design, the minimum and maximum limits were: 50 and 70 % for FA, 10 and 30 % for FTS, 20 and 40 % for ATS. After baking, the physical, microbiological and sensorial analyzes were performed. The Acceptance and Purchase intention (performed with 124 testers) and the Free choice profiling were performed. A Consumer Research was conducted with 959 people. It was verified that the nine formulations of gluten-free bread developed showed good appearance and structure, well developed crumb structure, interesting volume and crust color. Over the shelf life (24 and 72 hours) the decrease in bread weight was observed due to the loss of moisture. The microbiological analysis confirmed the food safety of the products developed with absence of Coliforms at 45 °C/g and Salmonella sp/25g. In the sensorial analysis the samples were evaluated for color, flavour, texture and overall acceptance. The products developed were well accepted by consumers, obtaining 93.5 % of purchase intention. By the Free choice profiling, the gluten-free breads were classified with flavour and integral appearance and characteristic appearance and bread flavour. It was considered a soft product with homogeneity of bread crumb structures.

Keywords: gluten-free bread, buckwheat, texture, free choice profiling, sensory analysis.

1. INTRODUÇÃO

Como o pão é um alimento muito comum na dieta ocidental, seria de grande conveniência que fornecesse fibras e antioxidantes fenólicos em altas concentrações (SIVAM et al., 2010).

Alguns estudos já relatam que a combinação de farinha de arroz e trigo sarraceno resulta em pães sem glúten e *cookies* com propriedades sensoriais e texturas de boa aceitação (TORBICA; HADNADEV, DAPČEVIĆ, 2010; TORBICA; HADNADEV, HADNADEV, 2012).

A ausência de glúten na farinha de arroz impossibilita seu uso sozinha em produtos de panificação, pois esta ausência resulta em problemas tecnológicos prejudicando a qualidade do produto, uma vez que a farinha de arroz é incapaz de formar uma estrutura de massa coesa. Portanto, substituir a rede de glúten para produzir massas sem glúten de alta qualidade é um grande desafio tecnológico (PHONGTHAI et al., 2017).

Como o pão sem glúten difere muito do pão convencional em relação à estrutura da massa, não basta modificar somente sua formulação substituindo toda a farinha de trigo por uma isenta de glúten. Por isso, todo processo de fabricação de panificação que compreende passos de pré-condicionamento, mistura, repouso, prova e assamento do pão, deve ser adaptado para satisfazer as necessidades de qualidade do meio isento de glúten (ELGETI; JEKLE, BECKER, 2015).

O fator mais importante na aceitação de um produto alimentício são suas características sensoriais, ou seja, as respostas aos estímulos químicos e físicos, transmitida pelos alimentos através da sua textura (maciez ou dureza; crocância), sabor, aroma e cor (ARENDT et al., 2008).

Em produtos de panificação a cor da superfície juntamente com a textura e o sabor do produto, são as principais características quanto à preferência dos consumidores, por isso são análises recorrentes durante o desenvolvimento desses produtos. Dessa forma o desenvolvimento da cor na superfície do produto é uma questão muito importante para a indústria de panificação (PURLIS, 2010).

Sensorialmente os produtos causam respostas aos certos estímulos. Os métodos de análise sensorial são baseados nessas respostas. Por exemplo, algumas sensações são ocasionadas por esses estímulos, sendo elas: intensidade, extensão, duração, qualidade e prazer ou desprazer. Os estímulos são medidos por

métodos físicos e químicos, e as sensações por processos psicológicos (CAVALCANTI et al., 2013).

Na avaliação sensorial, os provadores decidem sobre a qualidade de um produto. Uma das formas de se medir isso, cientificamente, se dá por meio de testes de escala hedônica onde se é possível traduzir a aceitação dos provadores pelos alimentos desenvolvidos (CAVALCANTI et al., 2013).

Para a análise sensorial também existem os métodos estatísticos utilizados na análise dos dados, como: análise de variância, análise de superfície de resposta, redes neurais artificiais, entre outros (CAVALCANTI et al., 2013).

Na análise sensorial, o teste triangular é um teste que tem por objetivo verificar se existe diferença entre duas amostras que passaram por diferentes tratamentos, como mudança de ingredientes, processamento ou estocagem, provocando assim alguma alteração sensorial no produto. Por isso, é um teste utilizado para identificar pequenas diferenças, e também utilizado muitas vezes preliminarmente a outros testes (STONE; SIDEL, 1993; MEILGAARD; CIVILLE, CARR, 2006; ABNT, 2013).

O teste de perfil livre difere de outros métodos descritivos mais convencionais, como a Análise Descritiva Quantitativa (ADQ), pois nele não é necessário um vocabulário padrão de atributos na descrição das amostras. É um teste mais rápido, utilizado como alternativa, sendo que os provadores usam seus próprios termos, e podem usar quantos acharem necessários para descrever as características sensoriais de um conjunto de amostras (CAYOT, 2007; GUÀRDIA et al., 2010; MEILGAARD; CIVILLE, CARR, 2006; OLIVEIRA; TOLEDO, 2010).

A técnica do Teste de perfil livre se baseia no princípio que os provadores podem observar características semelhantes, mesmo que as expressem de formas diferentes, então em 1984, ele foi desenvolvido por Williams e Arnold no *Agricultural and Food Council* (Reino Unido) como uma solução para este problema (MEILGAARD; CIVILLE, CARR, 2006).

Segundo Meilgaard, Civille e Carr (2006) a principal vantagem desta técnica é uma menor demanda de tempo, por não exigir treinamento dos provadores. Outra vantagem é que os provadores, não treinados, ainda podem ser considerados como consumidores ingênuos.

O teste de aceitação e intenção de compra leva em consideração que a aceitação e avaliação das características sensoriais dos alimentos são de extrema

importância para prever como este será aceito no mercado pelos consumidores (WALTER et al., 2010).

No teste de aceitação usualmente utiliza-se uma escala hedônica, onde o provador pode expressar o quanto gostou ou desgostou de um determinado produto, de forma globalizada ou em relação a um atributo específico. As escalas mais utilizadas são as de 7 e 9 pontos, que contêm os termos definidos situados, por exemplo, entre “gostei muitíssimo” e “desgostei muitíssimo” contendo um ponto intermediário com o termo “nem gostei; nem desgostei” (ZENEBO; PASCUET, TIGLEA, 2008).

Guerrero et al. (2000) afirma que a decisão de compra ou não de um produto, é influenciada pelo marketing, aspectos psicológicos e sensoriais, sendo este último, o aspecto mais determinante na escolha do consumidor.

Dessa forma, os testes afetivos, como o de aceitação e intenção de compra, podem ajudar no desenvolvimento de novos produtos, pois mostram qual a opinião dos consumidores sobre o produto, expressando sua vontade em consumir e/ou adquirir o produto que lhe é oferecido (WALTER et al., 2010; ZENEBO; PASCUET, TIGLEA, 2008).

Neste experimento foram desenvolvidas 9 formulações de pães sem glúten a partir da farinha e amido de trigo sarraceno, junto à farinha de arroz. E por meio da análise sensorial das diferentes formulações, foram determinados os aspectos sensoriais dos produtos desenvolvidos, a aceitação e intenção de compra pelos consumidores.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 ELABORAÇÃO DOS PÃES

Para a definição da formulação do pão sem glúten de trigo sarraceno, foram feitos pré-testes, considerando estudos prévios encontrados na literatura (ALENCAR et al., 2015; APLEVICZ, MOREIRA, 2015; SILVA CÉSAR et al., 2006; FIGUEIRA et al., 2011; ŚWIECA et al., 2015). Destes foi estabelecida uma formulação que apresentou bom crescimento, sabor desejável e textura, como maciez e estrutura do pão após cozimento, mais próxima ao pão de trigo convencional.

Todos os pães desenvolvidos tiveram formulação igual, só variando a composição da farinha mista utilizada. Para determinar as proporções das misturas das farinhas utilizou-se o planejamento fatorial simplex-centróide, com 3 repetições no ponto central (BARROS NETO; SCARMÍNIO, BRUNS, 2010).

Os fatores ou variáveis independentes selecionados para o desenvolvimento das farinhas mistas foram: farinha de arroz (FA) (X_1), farinha de trigo sarraceno (FTS) (X_2) e amido de trigo sarraceno (ATS) (X_3).

Os máximos e mínimos foram determinados considerando diferentes formulações de pães encontradas na literatura e testes, e estão expostos na Tabela 20.

TABELA 20 - CONCENTRAÇÕES MÍNIMAS E MÁXIMAS ESTABELECIDAS PARA CADA COMPONENTE DAS FARINHAS MISTAS.

Componentes	Mínimos	Máximos
Farinha de arroz (X_1)	0,5	0,7
Farinha de trigo sarraceno (X_2)	0,1	0,3
Amido de trigo sarraceno (X_3)	0,2	0,4

A composição das misturas utilizadas na elaboração dos pães, obtidas a partir da inserção dos dados no software Statistica 12 (Statsoft Inc., Tulsa, USA), está apresentada na Tabela 21. Os tratamentos 8 e 9 são repetições do ponto central 7.

TABELA 21 - COMPOSIÇÃO DAS MISTURAS DE FARINHAS UTILIZADAS NA FORMULAÇÃO DOS PÃES SEM GLÚTEN

Formulação	Proporção de cada componente na mistura (%)		
	X ₁	X ₂	X ₃
	Farinha de arroz	Farinha de trigo sarraceno	Amido de trigo sarraceno
1	70	10	20
2	50	30	20
3	50	10	40
4	60	20	20
5	60	10	30
6	50	20	30
7	56,66	16,67	26,67
8	56,66	16,67	26,67
9	56,66	16,67	26,67

Os ingredientes foram calculados a partir de 100 % m/m das farinhas. As 9 formulações dos pães sem glúten preparadas neste estudo estão apresentadas na Tabela 22.

TABELA 22 - FORMULAÇÕES UTILIZADAS NA PRODUÇÃO DOS PÃES SEM GLÚTEN.

Ingredientes	Formulação (%) ¹								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Farinha de arroz	70	50	50	60	60	50	56,66	56,66	56,66
Farinha de trigo sarraceno	10	30	10	20	10	20	16,67	16,67	16,67
Amido de trigo sarraceno	20	20	40	20	30	30	26,67	26,67	26,67
Ovo	43,75	43,75	43,75	43,75	43,75	43,75	43,75	43,75	43,75
Sacarose	10,90	10,90	10,90	10,90	10,90	10,90	10,90	10,90	10,90
Óleo vegetal	8,75	8,75	8,75	8,75	8,75	8,75	8,75	8,75	8,75
Fermento biológico	1,55	1,55	1,55	1,55	1,55	1,55	1,55	1,55	1,55
Cloreto de sódio	1,80	1,80	1,80	1,80	1,80	1,80	1,80	1,80	1,80
Vinagre de maçã	1,70	1,70	1,70	1,70	1,70	1,70	1,70	1,70	1,70
Psyllium	4,40	4,40	4,40	4,40	4,40	4,40	4,40	4,40	4,40
Água	91,00	91,00	91,00	91,00	91,00	91,00	91,00	91,00	91,00

NOTA: ¹Os ingredientes são calculados em relação a 100 % de farinhas mistas.

Apesar de se encontrar na literatura, que a quantidade recomendada de água para formulações de pães é em torno de 55-66 % (KOEGELENBERG; CHIMPHANGO; 2017; MA et al., 2016; MARTINS et al., 2012), isso pode ser considerado para massas elaboradas a partir da farinha de trigo comum. Em massas sem glúten, Torbica, Hadnađev e Dapčević (2010) constataram que quando se adiciona quantidades maiores de água, se obtém uma melhoria considerável do

comportamento da massa durante a mistura, ou seja, se fornece maior estabilidade para a massa. Por isso neste estudo se utilizou 91,00 % de água para o desenvolvimento do pão sem glúten com amido e farinha de trigo sarraceno.

Inicialmente realizou-se uma pré-fermentação, onde se misturou o fermento biológico, água (entre 27 °C a 35 °C) e sacarose, para o desenvolvimento das leveduras (por 15 minutos).

Os ingredientes secos, exceto o sal, foram homogeneizados e adicionados junto aos demais na batedeira planetária (Arno) na velocidade máxima, adicionou-se então o sal.

Logo após a mistura, a massa foi acondicionada em formas de dimensões (4,5 x 21,0 x 10,2 cm) e foi submetida à primeira fermentação por um período de 1 hora a 30 °C, em estufa, marca Marconi modelo MA 035. E então, a massa foi assada no forno elétrico Vipinho, modelo 045002126, marca Perfecta, por 20 minutos a 180 °C.

Após o assamento, os pães foram desenformados e colocados para resfriar até atingirem a temperatura ambiente 25 °C. Em seguida foram armazenados em embalagens de polietileno de baixa densidade para posteriores análises.

Todas as análises ocorreram em no máximo 48 horas, após a cocção dos pães.

2.2 ANÁLISES FÍSICAS DOS PÃES

2.2.1 VOLUME ESPECÍFICO

O volume específico (cm^3/g) dos pães foi calculado de acordo com o Método 10-05 da AACC (1999), metodologia essa que relaciona o volume aparente do produto assado e seu peso.

O peso do pão foi determinado em balança semi-analítica e o volume aparente foi realizado pelo método de deslocamento de sementes de painço (AACC, 1999).

2.2.2 DETERMINAÇÃO DA PERDA DE PESO DOS PÃES

Os pães tiveram suas massas determinadas enquanto crus e logo após o

forneamento (ainda quentes), e após 3 h, 24 h e 72 h de armazenamento a fim de observar a perda de peso ao longo da vida de prateleira, adaptando a análise do estudo de Purlis e Salvatori (2009).

2.2.3 COLORIMETRIA

Para determinar a colorimetria da crosta e do miolo dos pães, se utilizou o espectrofotômetro MiniScan XE Plus (*HunterLab*), que determina os parâmetros estabelecidos pelo CIE (*Commission Internationale de l'Éclairage*, ou em português, Comissão Internacional da Iluminação) os quais são L^* , a^* , b^* : o L^* corresponde a luminosidade, que varia de 0 (preto) a 100 (branco), a^* , que varia de verde (negativo) a vermelha (positivo) e b^* , que varia de azul (negativo) a amarela (positivo). O equipamento foi previamente calibrado utilizando os padrões branco e preto, fornecidos pelo fabricante do equipamento (REDDY; VIDYA, HARIPRIYA, 2015).

2.2.4 ATIVIDADE DE ÁGUA

A atividade de água das amostras de pães foi medida pelo método direto, a 25 °C, por meio do analisador Aqualab 3T, da Decagon Devices. Seguindo a metodologia 978.18 “*Water Activity of Canned Vegetables*” aprovada pela AOAC (2005).

Realizou a medição após 24 h e 72 h do forneamento, a fim de verificar as mudanças durante o armazenamento (SILVA CÉSAR et al., 2006).

2.2.5 TEXTURA

O perfil de textura foi feito no texturômetro CT3 (Brookfield, USA). Por meio desta análise foram obtidas as Propriedades primárias: *dureza* (1º e 2º ciclo): força exigida para que se deforme a amostra (N); *resiliência*: capacidade da amostra de se recuperar da compressão (adimensional); *coesividade*: máximo de deformação de um material, antes de acontecer o rompimento (adimensional); *elasticidade*: taxa onde a amostra pós deformação retorna à sua condição inicial original (adimensional). Propriedades secundárias: *gomosidade*: energia necessária para

desintegrar uma amostra para um estado pronto para engolir; *mastigabilidade*: energia necessária de mastigação para tornar um alimento sólido pronto para ser engolido (J) (AL-SALEH; BRENNAN, 2012; CIVILLE; SZCZESNIAK, 1973; SZCZESNIAK, 1963).

As amostras de pães foram cortadas em cubos de 2,5 cm. Realizou-se o teste de dupla compressão a uma altura de 1,25 cm (50 % de compressão) utilizando um probe acrílico cilíndrico de 50,8 mm de diâmetro, a uma velocidade de 1 mm/s comum intervalo de 5 s de espera entre os dois ciclos. A metodologia foi baseada no estudo de Ayadi et al. (2009).

2.3 ANÁLISE MICROBIOLÓGICA

A avaliação do perfil microbiológico dos pães sem glúten de trigo sarraceno foi realizada de acordo com as técnicas preconizadas pela legislação em vigor. A RESOLUÇÃO - RDC Nº 12, DE 02 DE JANEIRO DE 2001 (BRASIL, 2001) define os padrões no item “10 - Farinhas, massas alimentícias, produtos para e de panificação, (industrializados e embalados) e similares” dentro do grupo alimentar “d) pão sem recheio e sem cobertura e produtos de panificação (roschas, farinha de rosca, torradas e pão tipo sueco, com ou sem sabores) e similares”.

Os padrões estabelecidos pela legislação estão apresentados no Quadro 4.

QUADRO 4 - PADRÕES ESTABELECIDOS PELA RESOLUÇÃO - RDC Nº 12, DE 02 DE JANEIRO DE 2001 PARA AMIDOS E FARINHAS.

GRUPO DE ALIMENTOS	MICROORGANISMO	Tolerância para Amostra INDICATIVA	Tolerância para Amostra Representativa			
			n	c	m	M
d) pão sem recheio e sem cobertura e produtos de panificação (roschas, farinha de rosca, torradas e pão tipo sueco, com ou sem sabores) e similares	Coliformes a 45°C/g	10 ²	5	3	5x10	10 ²
	<i>Salmonella sp</i> /25g	Ausência	5	0	Ausência	-

Fonte: BRASIL, 2001.

Sendo:

m: é o limite que, em um plano de três classes, separa o lote aceitável do produto ou lote com qualidade intermediária aceitável.

M: é o limite que, em plano de duas classes, separa o produto aceitável do inaceitável. Em um plano de três classes, M separa o lote com qualidade intermediária aceitável do lote inaceitável. Valores acima de M são inaceitáveis.

n: é o número de unidades a serem colhidas aleatoriamente de um mesmo lote e analisadas individualmente.

c: é o número máximo aceitável de unidades de amostras com contagens entre os limites de m e M (plano de três classes). Nos casos em que o padrão microbiológico seja expresso por "ausência", c é igual a zero, aplica-se o plano de duas classes.

2.3.1 Coliformes a 45°C

Foi utilizada a técnica dos tubos Múltiplos onde os resultados representam a densidade da população bacteriana presente na amostra em NMP/100 mL (sendo NMP: Número Mais Provável) de amostra e comparados com a tabela especificada pelo método (SILVA; JUNQUEIRA; SILVEIRA, 1997).

2.3.2 *Salmonella sp*

Seguindo a metodologia descrita por Silva, Junqueira e Silveira (1997) a presença de *Salmonella sp* foi verificada em 4 etapas. As etapas consistiram em: a) pré-enriquecimento em caldo lactosado; b) enriquecimento em caldo seletivo selenito-cistina e tetracionato; c) isolamento em meios seletivos como ágar verde brilhante (VB), Ágar *Salmonella shigella* (SS), Ágar Xilose Lisina Desoxicolato (XLD); d) identificação completa das colônias por meio de testes bioquímicos.

2.4 ANÁLISE SENSORIAL

Os pães sem glúten produzidos com a farinha e amido de trigo sarraceno e farinha de arroz, passaram por análise sensorial (mediante a aprovação da Comissão de Ética em Pesquisa do Setor de Saúde/UFPR – CAAE nº 68934917.2.0000.0102, Parecer nº 2.294.264), na qual foram feitos: teste de perfil livre, de aceitação e intenção de compra.

2.4.1 PERFIL LIVRE

A metodologia utilizada para o Teste de Perfil Livre se baseou na utilizada por Almeida et al. (1999); Verruma-Bernardi e Damásio (2004); e desenvolvida por Williams e Stevens (1984).

2.4.1.1 Seleção preliminar dos provadores - Teste Triangular.

Para a realização do teste realizou-se uma pré-seleção, escolhendo provadores que tinham o costume de consumir pão de forma, e apresentassem

interesse e disponibilidade de tempo no período de realização da análise. Recomenda-se de 20 a 40 indivíduos para o teste triangular, mas pode-se utilizar somente 12 provadores quando as diferenças entre as amostras são grandes e fáceis de serem identificadas (MEILGAARD; CIVILLE; CARR, 2006).

Durante a execução do teste, foram fornecidas aos provadores três amostras codificadas informando que duas amostras eram iguais e uma diferente. Foi solicitado que o provador provasse as amostras da esquerda para a direita e identificasse a amostra diferente, anotando na ficha.

Cada provador recebeu um mínimo de 06 grupos (cada grupo com três amostras cada) de amostras servidas em ordem aleatória. Este teste pode ser realizado sequencialmente ou em dois dias, por não ser um teste complexo que cause fadiga.

A ficha empregada nesta etapa está apresentada na Figura 35. O critério usado para a seleção dos provadores para as próximas etapas da análise sensorial, foi de no mínimo 60 % de acertos no total dos testes triangulares realizados.

FIGURA 35 - FICHA PARA A SELEÇÃO PRELIMINAR DE PROVADORES UTILIZANDO TESTE TRIANGULAR.

Nome: _____		Data: ____/____/____	
Teste triangular			
Em cada grupo de amostras apresentadas, duas são iguais e uma é diferente. Deguste cuidadosamente cada uma das amostras, na ordem em que são apresentadas, e faça um círculo em volta da amostra diferente.			
Grupo	Código da amostra		
I	928	479	110
II	171	036	245
II	352	563	684
Comentários: _____			

2.4.1.2 Levantamento dos descritores e elaboração das fichas

O levantamento dos descritores foi realizado através do método de Rede proposto por Kelly em 1955, conforme citado por Moskowitz (1983). Foram realizadas 2 sessões e em cada sessão foi apresentado um par de amostras de pão (amostras B e C; amostras A e D), solicitando que o provador anotasse as similaridades e diferenças entre os pães e que usassem suas próprias palavras para descrever a aparência, aroma, sabor e textura dos produtos (BATTOCHIO et al.,

2006), utilizando a ficha apresentada na Figura 36. A aparência foi avaliada no primeiro momento, depois os pães foram avaliados quanto sabor, aroma e textura. Água mineral foi servida para limpar a cavidade bucal entre as amostras, e repor o paladar (VIT et al., 2017).

FIGURA 36 - FICHA PARA LEVANTAMENTO DOS ATRIBUTOS.

Nome: _____ Data: ____/____/____	
Por favor, prove as amostras quanto a aparência, aroma, sabor e textura, e indique em que são similares e diferentes.	
	Similaridades
Aparência	
Aroma	
Sabor	
Textura	
	Diferenças

Após as sessões de levantamento dos descritores, se realizou uma discussão individual com os provadores, para elaboração da ficha de avaliação das amostras (Figura 37) e uma lista de definições dos descritores específicos (glossário) de cada provador. A lista dos descritores foi definida em consenso com o grupo de participantes e o pesquisador. Foram utilizadas escalas não estruturadas de 9 cm.

FIGURA 37 - FICHA UTILIZADA NO TESTE DE PERFIL LIVRE.

continua

Nome: _____ Idade: _____ Data: ____/____/____	
Teste de Perfil Livre	
Prove cada amostra de “pão de trigo sarraceno sem glúten” avaliando os atributos de aparência, aroma, sabor e textura, e marque nas escalas abaixo.	
Amostra: _____	
<u>APARÊNCIA:</u>	
COR DO MIOLO	Clara _____ Escura
ALTURA DA FATIA	Baixa _____ Alta
ASPECTO DE INTEGRAL	Pouco _____ Muito
ÚMIDA	Pouco _____ Muito
SIMETRIA DA CROSTA	Pouco _____ Muito
ESTRUTURA DAS CÉLULAS DO MIOLO	Pequenas _____ Grandes

FIGURA 37 - FICHA UTILIZADA NO TESTE DE PERFIL LIVRE.

continuação

AROMA:

CARACTERÍSTICO DE PÃO	Ausente	_____	Intenso
-----------------------	---------	-------	---------

FERMENTADO	Ausente	_____	Intenso
------------	---------	-------	---------

ACIDEZ	Ausente	_____	Intenso
--------	---------	-------	---------

ERVAS	Ausente	_____	Intenso
-------	---------	-------	---------

SABOR:

CARACTERÍSTICO DE PÃO	Ausente	_____	Intenso
-----------------------	---------	-------	---------

AMARGO, SABOR RESIDUAL	Ausente	_____	Intenso
------------------------	---------	-------	---------

FERMENTO	Ausente	_____	Intenso
----------	---------	-------	---------

SALGADO	Ausente	_____	Intenso
---------	---------	-------	---------

DOCE	Ausente	_____	Intenso
------	---------	-------	---------

INTEGRAL	Ausente	_____	Intenso
----------	---------	-------	---------

GORDUROSO	Ausente	_____	Intenso
-----------	---------	-------	---------

TEXTURA:

MACIA	Pouco	_____	Muito
-------	-------	-------	-------

SECA	Pouco	_____	Muito
------	-------	-------	-------

CONSISTENTE, MAÇUDA	Pouco	_____	Muito
---------------------	-------	-------	-------

GOMOSA	Pouco	_____	Muito
--------	-------	-------	-------

QUEBRADIÇA	Pouco	_____	Muito
------------	-------	-------	-------

Comentários:

2.4.1.3 Avaliação das amostras

Como eram 9 formulações diferentes de pães, para cada amostra foi realizada uma análise sensorial com 3 repetições em 3 sessões, sendo que em cada sessão o provador avaliou um bloco com três amostras.

2.4.2 TESTE DE ACEITAÇÃO

2.4.2.1 Recrutamento dos provadores

Toda comunidade da UFPR foi convidada a participar da análise sensorial por meio da divulgação em redes sociais e de cartazes distribuídos em diferentes locais do Centro Politécnico da UFPR.

2.4.2.2 Seleção dos provadores

Participaram 124 provadores não treinados (MEILGAARD; CIVILLE, CARR, 2006) que apresentaram interesse e disponibilidade para participar dos testes. O Termo de consentimento livre e esclarecido (TCLE) foi distribuído no início da sessão, contendo informações referentes à pesquisa. Para participar da pesquisa os provadores tiveram que concordar com o termo, preenchendo seu nome completo e assinatura, mas cientes que em nenhum momento seus nomes seriam divulgados, e ao analisar os dados estes passariam a ser identificados por números.

2.4.2.3 Avaliação sensorial dos pães

Primeiramente os provadores receberam orientação sobre o método e procedimento da avaliação dos pães.

As amostras foram acompanhadas de um copo de água mineral a temperatura ambiente para limpeza do palato, a qual deveria ser praticada entre cada amostra. Os provadores foram lembrados desse procedimento antes da análise.

A avaliação sensorial ocorreu após 24 horas do preparo dos pães. As amostras foram servidas de forma monádica. Foi utilizado um delineamento de

blocos completos balanceados para eliminar os efeitos *first-order* e *carry-over* (fadiga sensorial), identificando as amostras com números aleatórios de três dígitos, seguindo-se o delineamento proposto por MacFie et al. (1989).

2.4.2.4 Execução do teste de aceitação

Um teste afetivo foi usado para verificar a aceitação das amostras pelos provadores quanto aos aspectos: cor, sabor, textura e aceitação global.

Foi utilizada uma escala hedônica estruturada verbal e numérica de nove pontos, ancoradas nos extremos “gostei muitíssimo” (9) a “desgostei muitíssimo” (1), conforme NBR 14141 (ABNT, 1998).

A ficha que foi utilizada nesta análise está apresentada na Figura 38. Cada provador recebeu 9 amostras por sessão, sendo que no meio da sessão aplicou-se a “Pesquisa de consumo” a fim de descansar o palato dos provadores (DUTCOSKY, 2013; MEILGAARD; CIVILLE, CARR, 2006) e recolher informações sobre o público do produto.

FIGURA 38 - FICHA UTILIZADA NO TESTE DE ACEITAÇÃO.

Nome: _____		Data: ____/____/2017													
Sexo: _____		Idade: _____													
Teste de aceitação															
Avalie a amostra usando a escala abaixo para descrever quanto você gostou ou desgostou do produto:															
1 - Desgostei muitíssimo.		<table border="1"> <tr> <td>Nº da amostra</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Aspecto avaliado</td> <td>Nota</td> </tr> <tr> <td>Cor</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Sabor</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Textura</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Aceitação global</td> <td></td> </tr> </table>		Nº da amostra		Aspecto avaliado	Nota	Cor		Sabor		Textura		Aceitação global	
Nº da amostra															
Aspecto avaliado	Nota														
Cor															
Sabor															
Textura															
Aceitação global															
2 - Desgostei muito.															
3 - Desgostei regularmente.															
4 - Desgostei ligeiramente.															
5 - Indiferente.															
6 - Gostei ligeiramente.															
7 - Gostei regularmente.															
8 - Gostei muito.															
9 - Gostei muitíssimo.															
Comentários:															

2.4.3 PESQUISA DE CONSUMO

A Pesquisa de consumo utilizada no intervalo do Teste de Aceitação foi digitalizada, divulgada e respondida por um total de 959 consumidores de pão de forma por meio do *Google Forms*. A Pesquisa de consumo utilizada está na Figura 39.

FIGURA 39 - PESQUISA DE CONSUMO

<u>Pesquisa de consumo</u>	
Nome: _____	Data: ____/____/2017
Sexo: _____	Cidade/Estado: _____
1. Faixa etária: (<input type="checkbox"/>) 18 a 20; (<input type="checkbox"/>) 21 a 25; (<input type="checkbox"/>) 26 a 30; (<input type="checkbox"/>) 31 a 40 ; (<input type="checkbox"/>) acima de 41.	
2. Cor da pele: (<input type="checkbox"/>) Branco; (<input type="checkbox"/>) Preto; (<input type="checkbox"/>) Pardo; (<input type="checkbox"/>) Indígena; (<input type="checkbox"/>) Amarelo.	
3. Estado civil: (<input type="checkbox"/>) Solteiro; (<input type="checkbox"/>) Casado; (<input type="checkbox"/>) Separado/divorciado; (<input type="checkbox"/>) Viúvo; (<input type="checkbox"/>) Outros.	
4. Até que etapa de escolarização você concluiu? (<input type="checkbox"/>) Nenhuma; (<input type="checkbox"/>) Ensino Fundamental: 1º ao 5º ano (1ª a 4ª série); (<input type="checkbox"/>) Ensino Fundamental: 6º ao 9º ano (5ª a 8ª série); (<input type="checkbox"/>) Ensino Médio; (<input type="checkbox"/>) Ensino Superior - Graduação. Pós-graduação: (<input type="checkbox"/>) Especialização; (<input type="checkbox"/>) Mestrado; (<input type="checkbox"/>) Doutorado.	
5. Qual é o valor aproximado da renda total familiar? (<input type="checkbox"/>) 1 salário mínimo; (<input type="checkbox"/>) 1-2 salários mínimos; (<input type="checkbox"/>) 2-3 salários mínimos; (<input type="checkbox"/>) 3-5 salários mínimos; (<input type="checkbox"/>) acima de 5 salários mínimos.	
6. Você sabe o que é glúten? (<input type="checkbox"/>) SIM (<input type="checkbox"/>) NÃO	
7. Você tem doença celíaca ou qualquer desconforto quando consome glúten? (<input type="checkbox"/>) SIM (<input type="checkbox"/>) NÃO	
8. Se na pergunta anterior sua resposta foi SIM. Responda: Em relação à obediência à dieta isenta de glúten, você: (<input type="checkbox"/>) nunca ingere glúten; (<input type="checkbox"/>) às vezes ingere glúten; (<input type="checkbox"/>) freqüentemente ingere glúten (1 a 5 vezes por semana); (<input type="checkbox"/>) ingere glúten sem restrição alguma; (<input type="checkbox"/>) ingere glúten segundo orientação médica.	
9. Você conhece alguém que tenha doença celíaca ou qualquer desconforto quando consome glúten? (<input type="checkbox"/>) SIM (<input type="checkbox"/>) NÃO	
10. Você tem interesse em consumir/comprar produtos sem glúten? (<input type="checkbox"/>) SIM (<input type="checkbox"/>) NÃO. Se SIM, cite quais produtos você já comprou: _____.	
11. Costuma comprar produtos integrais ou funcionais ? (<input type="checkbox"/>) SIM (<input type="checkbox"/>) NÃO	
12. Você considera, de modo geral, que o valor dos produtos sem glúten é mais alto quando comparado a produtos com glúten? (<input type="checkbox"/>) SIM (<input type="checkbox"/>) NÃO	
13. Você tem o hábito de ler o rótulo dos produtos? (<input type="checkbox"/>) SIM (<input type="checkbox"/>) NÃO	
14. O que você leva em consideração na hora de comprar um pão: (<input type="checkbox"/>) aparência (cor, textura); (<input type="checkbox"/>) preço; (<input type="checkbox"/>) integral, com grãos; (<input type="checkbox"/>) Outros: _____	

2.4.4 TESTE DE INTENÇÃO DE COMPRA

Posteriormente ao Teste de Aceitação, foi distribuído o Teste de Intenção de compra (Figura 40) aos provadores.

FIGURA 40 - FICHA DO TESTE DE INTENÇÃO DE COMPRA.

Nome: _____	Data: ____/____/2017
Sexo: _____	Idade: _____
<u>Teste de intenção de compra</u>	
Você compraria o pão sem glúten desenvolvido com amido e farinha de trigo sarraceno?	
() SIM () NÃO	
Comentários: _____	

2.4.5 ANÁLISES ESTATÍSTICAS GERAIS DA ANÁLISE SENSORIAL

Para o teste de perfil livre foi realizada a Análise Procrustes Generalizada (GPA), no software GENSTAT (Inglaterra).

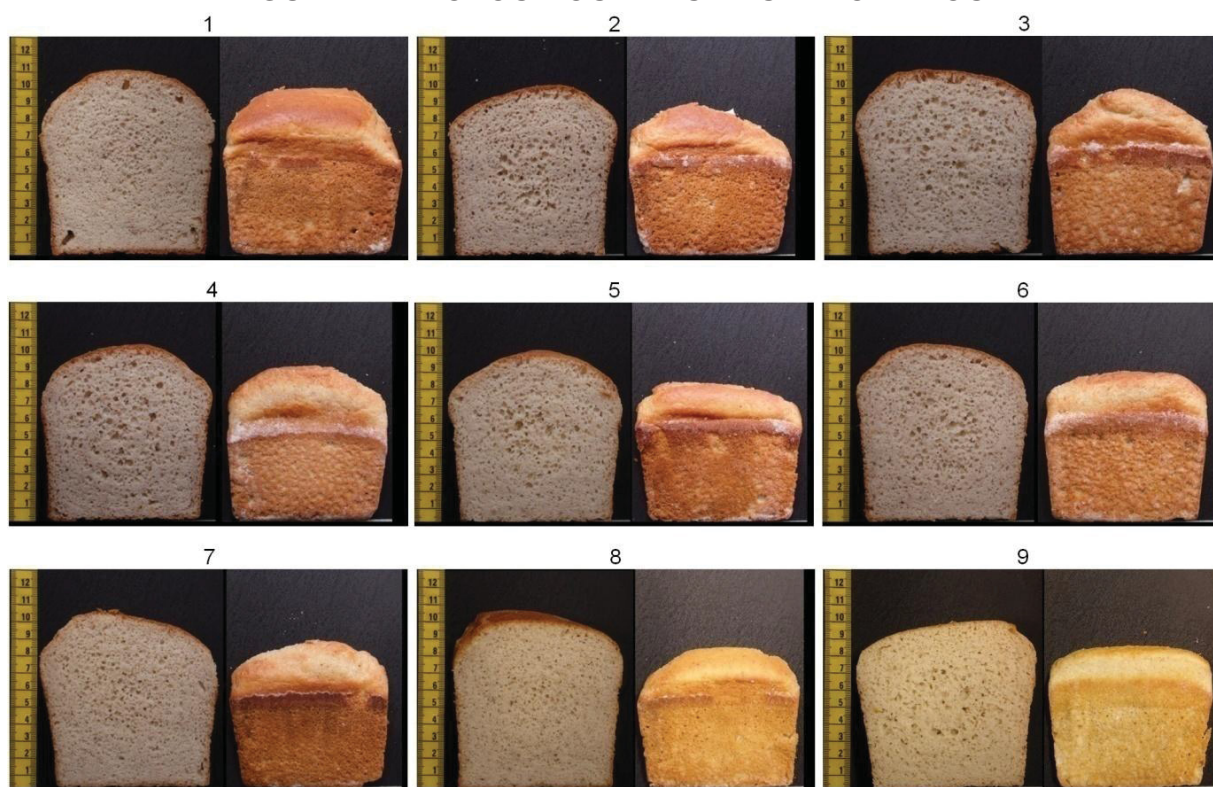
Os dados obtidos no Teste de aceitação passaram pela análise de variância (ANOVA) e Análise de Componentes Principais (ACP) ou *Principal Component Analysis* (PCA). Foram verificadas as formulações que apresentaram diferenças significativas entre as médias, quando comparadas pelo teste de Tukey ao nível de 5 % de significância ($p \leq 0,05$) (MEILGAARD; CIVILLE, CARR, 2006).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 PÃES DESENVOLVIDOS

As fotos do miolo e crosta das 9 formulações dos pães desenvolvidos estão apresentadas na Figura 41.

FIGURA 41 - FOTOS DOS PÃES DESENVOLVIDOS



Sendo: Formulação 1: 70% FA, 10 % FTS e 20 % ATS; Formulação 2: 50% FA, 30 % FTS e 20 % ATS; Formulação 3: 50% FA, 10 % FTS e 40 % ATS; Formulação 4: 60% FA, 20 % FTS e 20 % ATS; Formulação 5: 60% FA, 10 % FTS e 30 % ATS; Formulação 6: 50% FA, 20 % FTS e 30 % ATS; Formulação 7, 8 e 9: 56,66 % FA, 16,67 % FTS e 26,67 % ATS.

Pela Figura 41, pode-se observar que os pães apresentaram altura entre 10,30 - 11,10 cm, sendo as formulações de maiores alturas a 3 e a 1; e as de menores alturas a formulação 2 e 5.

É possível observar boa formação dos alvéolos, além de boa aparência do miolo e cor de crosta, o que são desejáveis pelos consumidores de produtos de panificação.

3.2 ANÁLISES FÍSICAS DOS PÃES

3.2.1 VOLUME ESPECÍFICO

O volume específico das 9 formulações de pães desenvolvidos estão apresentados na Tabela 23.

TABELA 23 - VOLUME ESPECÍFICO DOS PÃES DESENVOLVIDOS

Formulação	Volume Específico (cm ³ /g)
1	1,94 ± 0,05 ^a
2	1,93 ± 0,06 ^{ab}
3	1,92 ± 0,05 ^{ab}
4	1,84 ± 0,04 ^{ab}
5	1,82 ± 0,02 ^b
6	1,87 ± 0,04 ^{ab}
7	1,87 ± 0,03 ^{ab}
8	1,86 ± 0,01 ^{ab}
9	1,89 ± 0,02 ^{ab}
DMS	0,1082

DMS: Diferença mínima significativa.

Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey (p<0,05).

**Sendo FA, farinha de arroz, FTS, farinha de trigo sarraceno e ATS, amido de trigo sarraceno, as proporções das formulações são: 1: 0,70 de FA, 0,10 de FTS e 0,20 de ATS; 2: 0,50 de FA, 0,30 de FTS e 0,20 de ATS; 3: 0,50 de FA, 0,10 de FTS e 0,40 de ATS; 4: 0,60 de FA, 0,20 de FTS e 0,20 de ATS; 5: 0,60 de FA, 0,10 de FTS e 0,30 de ATS; 6: 0,50 de FA, 0,20 de FTS e 0,30 de ATS; 7, 8 e 9: 0,56 de FA, 0,17 de FTS e 0,27 de ATS.

Alencar et al. (2015) desenvolveram pães sem glúten com adição de farinha de quinoa e amaranto, e obtiveram volume específico de 2,30 - 2,88 cm³/g. Smith et al. (2012) desenvolveram pães sem glúten com 7 % de farinha de alfarroba, amido e HPMC (Hidroxipropilmetilcelulose) resultando em pães de altos volumes específicos (3,5 cm³ / g).

Storck et al. (2013) confirmaram em seu trabalho que a adição da enzima transglutaminase e a proteína caseína, aumentou significativamente o volume específico dos pães, sendo esta uma alternativa para o desenvolvimento desse produto em especial.

Segundo Han et al. (2019) as proteínas da clara de ovo, ou seja, albumina, apresentam forte comportamento coesivo com capacidade de reter a aeração,

melhorando a estabilidade, aumentando assim o volume específico de pães sem glúten em até 1,22 cm³/g em relação ao controle (sem albumina), além da textura mais homogênea.

No trabalho em questão, foi utilizado o *psyllium* a fim de proporcionar maior volume aos pães sem glúten, como já observado no trabalho de Fratelli et al. (2018) onde testes com *psyllium* e água foram realizados em pães sem glúten.

3.2.2 DETERMINAÇÃO DA MASSA DOS PÃES

O assamento do pão é um processo fundamental, pois transforma uma massa basicamente feita de farinha, água e agentes de fermentação, em um produto de alta qualidade com características sensoriais únicas, por meio da evaporação da água que proporcionam uma série de reações internas (PURLIS; SALVADORI, 2009).

Monitorou-se a perda de massa após o assamento, do produto recém tirado do forno e após 3h, 24h e 72h de armazenamento. As massas obtidas estão expostas na Tabela 24.

TABELA 24 - MASSA DOS PÃES AO LONGO DO PROCESSO DE PRODUÇÃO E ARMAZENAMENTO

Formulação	Massa crua	Recém tirado do forno	3 h	1 dia (24 h)	3 dias (72 h)
1	420,00 ± 0,00 ^a	400,27 ± 1,33 ^{bc}	386,30 ± 1,35 ^{cd}	385,70 ± 1,35 ^{bc}	380,63 ± 2,83 ^d
2	420,00 ± 0,00 ^a	398,37 ± 1,21 ^c	384,80 ± 0,70 ^d	384,37 ± 0,75 ^c	380,33 ± 0,76 ^d
3	420,00 ± 0,00 ^a	400,07 ± 2,97 ^{bc}	386,90 ± 3,47 ^{bcd}	385,93 ± 3,75 ^{bc}	381,17 ± 3,28 ^d
4	420,90 ± 0,10 ^a	400,63 ± 1,42 ^{bc}	387,57 ± 2,10 ^{bcd}	387,03 ± 2,15 ^{bc}	382,60 ± 2,40 ^{cd}
5	420,33 ± 0,06 ^a	401,07 ± 0,90 ^{bc}	390,23 ± 0,67 ^{abcd}	389,30 ± 0,72 ^{abc}	384,67 ± 0,81 ^{abcd}
6	420,90 ± 0,72 ^a	405,50 ± 1,92 ^a	395,07 ± 3,92 ^a	394,67 ± 3,86 ^a	389,77 ± 3,59 ^a
7	420,43 ± 0,38 ^a	399,53 ± 1,69 ^{bc}	387,87 ± 2,73 ^{bcd}	386,80 ± 2,44 ^{bc}	383,23 ± 2,40 ^{bcd}
8	421,00 ± 0,87 ^a	402,30 ± 0,96 ^{ab}	392,63 ± 2,56 ^{abc}	391,72 ± 2,79 ^{ab}	388,47 ± 2,56 ^{abc}
9	420,50 ± 0,61 ^a	401,67 ± 0,78 ^{abc}	393,13 ± 1,82 ^{ab}	392,27 ± 1,80 ^{ab}	389,03 ± 1,85 ^{ab}
DMS	1,2499	3,8793	6,4641	6,5898	6,4210

DMS: Diferença mínima significativa.

Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey (p<0,05).

**Sendo FA, farinha de arroz, FTS, farinha de trigo sarraceno e ATS, amido de trigo sarraceno, as proporções das formulações são: 1: 0,70 de FA, 0,10 de FTS e 0,20 de ATS; 2: 0,50 de FA, 0,30 de FTS e 0,20 de ATS; 3: 0,50 de FA, 0,10 de FTS e 0,40 de ATS; 4: 0,60 de FA, 0,20 de FTS e 0,20 de ATS; 5: 0,60 de FA, 0,10 de FTS e 0,30 de ATS; 6: 0,50 de FA, 0,20 de FTS e 0,30 de ATS; 7, 8 e 9: 0,56 de FA, 0,17 de FTS e 0,27 de ATS.

As perdas de massa durante o assamento, variaram de 3,66 ± 0,29 % para

a formulação 6, à $5,15 \pm 0,29$ % para a formulação 2, valores menores ao de Papasidero, Manenti e Pierucci (2015) que tiveram perdas de água, referente a evaporação durante o assamento, de 8,9 %.

Já as perdas pós assamento variaram de $7,58 \pm 0,73$ % para a formulação 6 até $9,72 \pm 0,19$ % para a formulação 2. Observa-se então que as perdas corroboraram entre si, mostrando que a formulação 6 foi a que perdeu menos água durante o assamento e armazenamento, enquanto que a formulação 2 mostrou a maior perda. Tendo em vista que essas duas formulações têm valores iguais de farinha de arroz em sua formulação, só variando a quantidade de amido e farinha de trigo sarraceno, pode-se afirmar que quando se tem maior quantidade de amido e menor quantidade de farinha, há uma perda menor de água no produto, como no caso da formulação 6.

Valores muito próximos de perdas pós assamento foram encontrados para Rinaldi et al. (2017) ($8,6-12$ g/100 g) quando avaliaram a vida de prateleira de pães sem glúten produzidos a partir de fermentação *sourdough* e farinha de castanha.

O período dentre às 72h pós assamento de maior perda de massa, foram as primeiras 3 horas. As perdas durante esse período variaram de $2,12 \pm 0,26$ % para a formulação 9 a $3,49 \pm 0,32$ % para a formulação 1.

Durante a vida útil do pão há uma diminuição do teor de umidade devido a diversos fatores, sendo eles a migração de água do miolo para a crosta, perda de água para a atmosfera causada pela permeabilidade da embalagem além da retrogradação do amido (ISHIDA; STEEL, 2014). Durante esse período (estocagem), a perda de massa dos alimentos por evaporação leva tanto a prejuízo principalmente em produtos vendidos por quilo, quanto à deterioração da qualidade do pão (endurecimento), de modo que ela precisa ser minimizada (PHIMOLSIRIPOL; SIRIPATRAWAN, CLELAND, 2011).

Bhise e Kaur (2014) verificaram que pães embalados em polietileno de baixa densidade apresentaram maior taxa de perda de umidade do que os embalados em embalagem de polipropileno, o que pode também ter aumentado a perda das 9 diferentes formulações de pães analisados neste estudo.

A maior retenção de umidade no pão é economicamente interessante, pois prolonga o prazo de validade do produto (BHISE; KAUR, 2014).

3.2.3 COLORIMETRIA

Se analisou a cor da crosta e do miolo dos 9 pães desenvolvidos, obtendo as coordenadas de cromaticidade L^* , a^* e b^* que estão apresentadas na Tabela 25.

TABELA 25 - COORDENADAS DE CROMATICIDADE L^* , a^* E b^* DA CROSTA E MIOLO DAS 9 FORMULAÇÕES DIFERENTES DE PÃES SEM GLÚTEN DESENVOLVIDOS.

Formulação	Cor da crosta			Cor do miolo		
	L^*	a^*	b^*	L^*	a^*	b^*
1	48,58 ± 2,94 ^a	19,86 ± 0,65 ^a	34,75 ± 2,10 ^a	74,20 ± 1,22 ^a	2,43 ± 0,17 ^f	17,87 ± 0,91 ^a
2	37,39 ± 1,02 ^c	17,43 ± 0,54 ^c	23,68 ± 1,00 ^c	67,90 ± 1,26 ^e	3,56 ± 0,07 ^a	17,93 ± 0,45 ^a
3	41,94 ± 2,14 ^b	19,36 ± 0,61 ^{ab}	28,17 ± 2,21 ^b	72,21 ± 1,03 ^{bc}	2,82 ± 0,15 ^{de}	18,12 ± 0,63 ^a
4	41,65 ± 1,87 ^b	18,99 ± 0,70 ^b	28,48 ± 1,60 ^b	71,04 ± 0,48 ^{cd}	2,97 ± 0,11 ^{cd}	17,47 ± 0,20 ^{ab}
5	42,35 ± 3,72 ^b	19,26 ± 0,33 ^{ab}	28,64 ± 3,39 ^b	72,63 ± 0,57 ^b	2,66 ± 0,08 ^e	17,51 ± 0,41 ^{ab}
6	41,90 ± 1,43 ^b	19,08 ± 0,30 ^{ab}	28,57 ± 1,50 ^b	70,08 ± 1,01 ^d	3,31 ± 0,14 ^b	17,02 ± 0,49 ^b
7	40,45 ± 1,13 ^{bc}	19,12 ± 0,52 ^{ab}	26,80 ± 1,88 ^b	71,42 ± 0,76 ^{bc}	3,02 ± 0,18 ^c	17,53 ± 0,42 ^{ab}
8	41,69 ± 1,43 ^b	18,62 ± 0,72 ^b	26,28 ± 1,43 ^{bc}	71,92 ± 0,79 ^{bc}	2,92 ± 0,13 ^{cd}	17,51 ± 0,43 ^{ab}
9	40,94 ± 1,54 ^b	18,99 ± 0,54 ^b	26,51 ± 1,71 ^b	72,06 ± 0,44 ^{bc}	3,03 ± 0,13 ^c	17,66 ± 0,44 ^{ab}
DMS	3,2174	0,8187	3,0097	1,3272	0,1990	0,7512

DMS: Diferença mínima significativa.

Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

**Sendo FA, farinha de arroz, FTS, farinha de trigo sarraceno e ATS, amido de trigo sarraceno, as proporções das formulações são: 1: 0,70 de FA, 0,10 de FTS e 0,20 de ATS; 2: 0,50 de FA, 0,30 de FTS e 0,20 de ATS; 3: 0,50 de FA, 0,10 de FTS e 0,40 de ATS; 4: 0,60 de FA, 0,20 de FTS e 0,20 de ATS; 5: 0,60 de FA, 0,10 de FTS e 0,30 de ATS; 6: 0,50 de FA, 0,20 de FTS e 0,30 de ATS; 7, 8 e 9: 0,56 de FA, 0,17 de FTS e 0,27 de ATS.

O escurecimento do pão durante o assamento é o resultado de reações químicas não enzimáticas que produzem compostos coloridos durante o aquecimento, como reação de Maillard e a caramelização (PURLIS, 2010). O escurecimento pela reação de Maillard ocorre onde os açúcares e aminoácidos, proteínas e/ou outros compostos que contenham nitrogênio em sua composição, são aquecidos em conjunto. Já a caramelização acontece quando se aquece carboidratos diretamente, especialmente sacarose e açúcares redutores (DAMODARAN; PARKIN, FENNEMA, 2010).

As reações de escurecimento dependem principalmente da temperatura e da atividade da água do produto, ou seja, disponibilidade de água para reações químicas que irão ocorrer no alimento (MONDAL; DATTA, 2008; PURLIS, 2010).

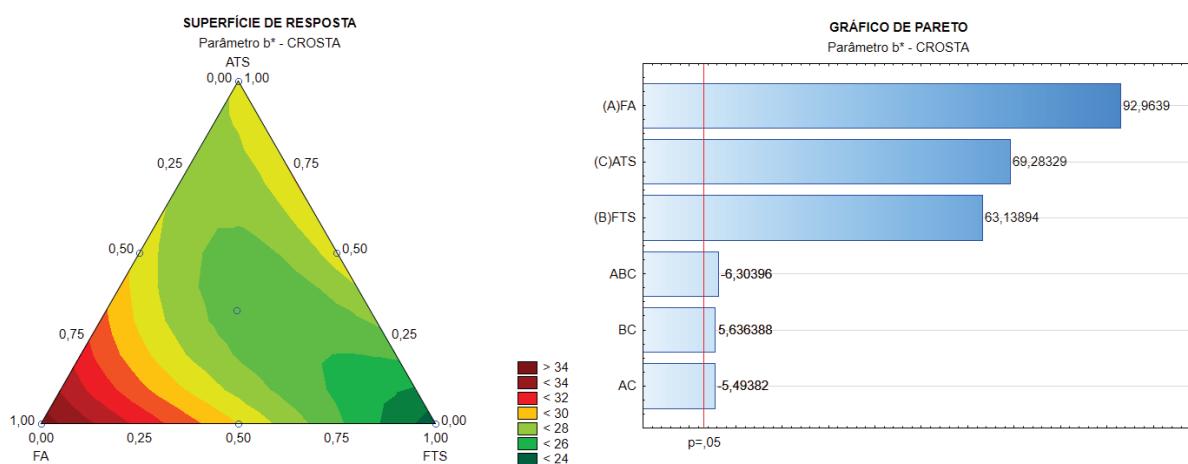
Pode-se observar que como esperado a cor da crosta em relação ao miolo foram mais escuras, obtiveram menor valor de L^* , ou seja, mais próximo da cor preta

e mais distante da branca. Quanto à crosta, somente as formulações 1 e 2 mostraram-se diferentes a 5 % de significância, enquanto que as outras estatisticamente iguais ou muito próximas para as três coordenadas (L^* , a^* e b^*).

Já para o miolo os dados variaram mais estatisticamente, apesar de terem se mantido muito próximos entre as diferentes formulações. O miolo de maior proximidade com a cor branca ($L^*=100$) foi o da formulação 1, enquanto que a formulação 2 mostrou a de menor valor. Isso ocorreu, pois a formulação 1 foi que utilizou maior quantidade de farinha de arroz na composição de sua farinha mista, deixando assim o miolo com coloração mais clara, enquanto que a formulação 2, foi a que mais utilizou farinha de trigo sarraceno em sua farinha mista, escurecendo assim a massa do miolo.

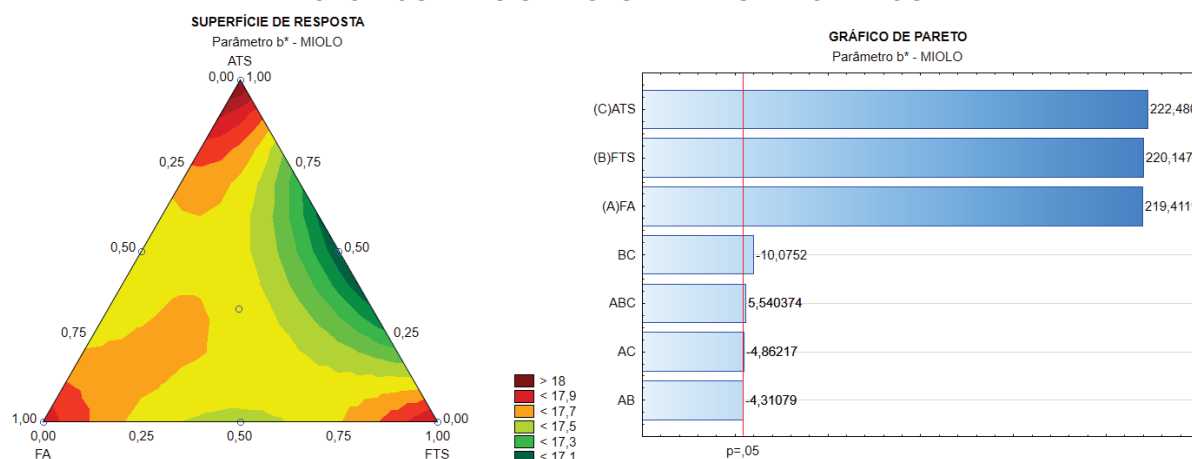
Os dados contidos na Tabela 25 foram modelados através da metodologia de RSM e as interações que apresentaram significância estão apresentadas na Tabela 26. Houve significância somente entre as interações das diferentes farinhas, para o parâmetro b^* para a Crosta (Figura 42) e para o Miolo (Figura 43).

FIGURA 42 - SUPERFÍCIE DE RESPOSTA E GRÁFICO DE PARETO DO PARÂMETRO b^* DA CROSTA DOS PÃES SEM GLÚTEN DESENVOLVIDOS



Como se pode observar na Figura 42, as formulações onde havia maior presença de FA havia também maior influência para o parâmetro b^* da Crosta.

FIGURA 43 - SUPERFÍCIE DE RESPOSTA E GRÁFICO DE PARETO DO PARÂMETRO b^* DO MIOLO DOS PÃES SEM GLÚTEN DESENVOLVIDOS



Pela Figura 43 pode-se observar uma maior influência sobre o parâmetro b^* do MioLO, quando os componentes FA, FTS e ATS estão em sua forma mais isolada.

TABELA 26 - COEFICIENTES DE REGRESSÃO OBTIDOS PELA METODOLOGIA DA SUPERFÍCIE DE RESPOSTA PARA MODELAR OS EFEITOS DE FA, FTS E ATS PARA OS PARÂMETROS b^* DA CROSTA E MIOLO DOS PÃES

Propriedades	Coefficiente de regressão	Erro padrão	p valor
b^* - Crosta			
(A) FA	34,5009	0,371166	0,000003
(B) FTS	23,4376	0,371166	0,000009
(C) ATS	28,1711	0,406592	0,000007
AC	-10,8019	1,964024	0,011937
BC	11,0448	1,964024	0,011220
ABC	-60,0719	9,537856	0,008160
R ²	0,9931		
R ² ajustado	0,9815		
p valor (modelo)	0,008065		
p valor (falta de ajuste)	0,148016		
b^* - MioLO			
(A) FA	17,87000	0,081445	0,000000
(B) FTS	17,93000	0,081445	0,000002
(C) ATS	18,12000	0,081445	0,000000
AB	-1,72000	0,398999	0,031465
AC	-1,94000	0,398999	0,01158
BC	-4,02000	0,398999	0,009170
ABC	11,95907	2,158532	0,008740
R ²	0,9839		
R ² ajustado	0,9357		
p valor (modelo)	0,031068		
p valor (falta de ajuste)	0,194817		

R² = coeficiente de determinação;

R² ajustado = coeficiente de determinação ajustado;

p valor = probabilidade de significância.

3.2.4 ATIVIDADE DE ÁGUA

Os resultados da Atividade de água (A_w) das 9 formulações de pães sem glúten desenvolvidos que foram medidos após 24 h e 72h do assamento estão apresentados na Tabela 27.

TABELA 27 - ATIVIDADE DE ÁGUA (A_w) DAS 9 FORMULAÇÕES DE PÃES SEM GLÚTEN APÓS 24 H E 72H DE ESTOCAGEM.

Atividade de água (A_w)		
Formulação	24 h pós assamento	72 h pós assamento
1	0,980 ± 0,003 ^a	0,978 ± 0,003 ^a
2	0,973 ± 0,001 ^a	0,967 ± 0,004 ^a
3	0,975 ± 0,002 ^a	0,971 ± 0,002 ^a
4	0,976 ± 0,004 ^a	0,973 ± 0,006 ^a
5	0,973 ± 0,004 ^a	0,970 ± 0,006 ^a
6	0,971 ± 0,003 ^a	0,968 ± 0,003 ^a
7	0,975 ± 0,002 ^a	0,971 ± 0,002 ^a
8	0,976 ± 0,005 ^a	0,974 ± 0,006 ^a
9	0,978 ± 0,001 ^a	0,975 ± 0,003 ^a
DMS	0,0089	0,0118

DMS: Diferença mínima significativa.

Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

**Sendo FA, farinha de arroz, FTS, farinha de trigo sarraceno e ATS, amido de trigo sarraceno, as proporções das formulações são: 1: 0,70 de FA, 0,10 de FTS e 0,20 de ATS; 2: 0,50 de FA, 0,30 de FTS e 0,20 de ATS; 3: 0,50 de FA, 0,10 de FTS e 0,40 de ATS; 4: 0,60 de FA, 0,20 de FTS e 0,20 de ATS; 5: 0,60 de FA, 0,10 de FTS e 0,30 de ATS; 6: 0,50 de FA, 0,20 de FTS e 0,30 de ATS; 7, 8 e 9: 0,56 de FA, 0,17 de FTS e 0,27 de ATS.

O modelo gerado para as atividades de água (A_w) em 1 e 3 dias de armazenamento não foram significativos ($p < 0,05$), não gerando modelos.

Observa-se pelos valores apresentados na Tabela 26, que não houve diferença significativa entre os valores de atividade de água (A_w) das diferentes formulações pelo teste de Tukey ($p < 0,05$) e que após as 72 h de armazenamento, o produto manteve sua A_w praticamente estável.

Na literatura, para pães constituídos com farinhas mistas, e sem glúten, os valores de A_w encontrados foram: 0,939-0,966 para pão de forma elaborados com farinhas mistas do albedo do maracujá e da casca de jabuticaba (FERREIRA et al., 2016), 0,922-0,930 para crosta e 0,954-0,957 para miolo de pães de forma elaborados com farelo de trigo (SEHN; SASAKI; STEEL, 2013), 0,983-0,990 para

pães sem glúten elaborados a partir de féculas de arroz, mandioca, trigo sarraceno, batata e linhaça dourada (MESQUITA; SERAVALLI, 2015).

3.2.5 TEXTURA

Obteve-se o Perfil médio de TPA (Análise do Perfil de Textura) para as 9 formulações dos pães sem glúten desenvolvidos com farinha de arroz e amido e farinha de trigo sarraceno. Os dados contidos na Tabela 28 e 29 foram modelados através da metodologia de RSM e constam na Tabela 30.

Nas formulações dos pães foram avaliadas propriedades primárias e secundárias, após 1 e 3 dias de armazenamento.

TABELA 28 - PERFIL MÉDIO DA ANÁLISE DO PERFIL DE TEXTURA (PARÂMETROS: DUREZA 1º E 2º CICLO, E RESILIÊNCIA) PARA AS 9 FORMULAÇÕES DE PÃES SEM GLÚTEN DESENVOLVIDOS

Formulação	Dureza no primeiro ciclo (N)		Dureza no segundo ciclo (N)		Resiliência	
	1º dia	3º dia	1º dia	3º dia	1º dia	3º dia
1	23,90 ± 5,76	29,82 ± 7,77	21,62 ± 5,35	24,20 ± 6,77	0,39 ± 0,039	0,23 ± 0,023
2	23,93 ± 5,77	29,46 ± 6,48	20,55 ± 4,37	25,44 ± 4,25	0,37 ± 0,018	0,29 ± 0,030
3	27,36 ± 6,38	30,87 ± 4,72	25,11 ± 4,40	27,12 ± 3,16	0,45 ± 0,016	0,30 ± 0,022
4	23,28 ± 3,80	26,42 ± 4,51	19,94 ± 3,88	21,94 ± 4,22	0,42 ± 0,031	0,28 ± 0,055
5	30,49 ± 5,11	33,03 ± 7,17	26,79 ± 3,07	27,58 ± 6,69	0,41 ± 0,017	0,29 ± 0,015
6	28,71 ± 6,47	30,66 ± 7,03	20,73 ± 4,35	27,02 ± 5,79	0,38 ± 0,024	0,26 ± 0,024
7	26,49 ± 4,58	29,99 ± 4,15	21,62 ± 4,12	27,70 ± 4,66	0,40 ± 0,034	0,28 ± 0,027
8	27,22 ± 4,63	28,17 ± 2,31	22,25 ± 2,41	27,03 ± 4,38	0,43 ± 0,010	0,26 ± 0,030
9	27,01 ± 3,32	28,30 ± 1,81	23,22 ± 2,79	26,62 ± 2,27	0,42 ± 0,075	0,27 ± 0,031

**Sendo FA, farinha de arroz, FTS, farinha de trigo sarraceno e ATS, amido de trigo sarraceno, as proporções das formulações são: 1: 0,70 de FA, 0,10 de FTS e 0,20 de ATS; 2: 0,50 de FA, 0,30 de FTS e 0,20 de ATS; 3: 0,50 de FA, 0,10 de FTS e 0,40 de ATS; 4: 0,60 de FA, 0,20 de FTS e 0,20 de ATS; 5: 0,60 de FA, 0,10 de FTS e 0,30 de ATS; 6: 0,50 de FA, 0,20 de FTS e 0,30 de ATS; 7, 8 e 9: 0,56 de FA, 0,17 de FTS e 0,27 de ATS.

TABELA 29 - PERFIL MÉDIO DA ANÁLISE DO PERFIL DE TEXTURA (PARÂMETROS: COESIVIDADE, ELASTICIDADE, GOMOSIDADE E MASTIGABILIDADE) PARA AS 9 FORMULAÇÕES DE PÃES SEM GLÚTEN DESENVOLVIDOS

Formu lação	Coesividade		Elasticidade(m)		Gomosidade (N)		Mastigabilidade (J)	
	1º dia	3º dia	1º dia	3º dia	1º dia	3º dia	1º dia	3º dia
1	0,58 ± 0,054	0,41 ± 0,026	9,16 ± 1,10	9,22 ± 1,46	14,43 ± 3,67	12,25 ± 3,75	0,11 ± 0,05	0,11 ± 0,038
2	0,57 ± 0,023	0,45 ± 0,019	9,10 ± 0,87	9,10 ± 0,99	13,68 ± 2,88	14,09 ± 2,11	0,12 ± 0,03	0,12 ± 0,028
3	0,64 ± 0,004	0,46 ± 0,019	9,50 ± 1,23	10,33 ± 1,41	17,82 ± 2,97	13,86 ± 1,97	0,17 ± 0,02	0,14 ± 0,032
4	0,62 ± 0,043	0,47 ± 0,070	10,37 ± 1,19	8,89 ± 0,68	13,93 ± 3,27	12,69 ± 3,63	0,16 ± 0,04	0,11 ± 0,029
5	0,60 ± 0,022	0,46 ± 0,008	9,93 ± 1,21	9,23 ± 0,77	18,42 ± 1,89	15,30 ± 3,91	0,19 ± 0,03	0,14 ± 0,036
6	0,56 ± 0,044	0,42 ± 0,030	9,02 ± 0,77	9,50 ± 1,58	13,53 ± 2,53	14,14 ± 3,25	0,12 ± 0,02	0,15 ± 0,049
7	0,60 ± 0,053	0,48 ± 0,035	9,74 ± 0,99	9,36 ± 1,19	14,37 ± 3,18	15,93 ± 1,83	0,17 ± 0,05	0,16 ± 0,022
8	0,62 ± 0,008	0,45 ± 0,039	9,56 ± 1,03	9,41 ± 1,11	15,71 ± 1,78	14,76 ± 2,75	0,17 ± 0,05	0,15 ± 0,033
9	0,62 ± 0,085	0,45 ± 0,044	9,42 ± 0,60	9,38 ± 0,79	15,49 ± 2,31	15,62 ± 1,65	0,16 ± 0,04	0,16 ± 0,024

**Sendo FA, farinha de arroz, FTS, farinha de trigo sarraceno e ATS, amido de trigo sarraceno, as proporções das formulações são: 1: 0,70 de FA, 0,10 de FTS e 0,20 de ATS; 2: 0,50 de FA, 0,30 de FTS e 0,20 de ATS; 3: 0,50 de FA, 0,10 de FTS e 0,40 de ATS; 4: 0,60 de FA, 0,20 de FTS e 0,20 de ATS; 5: 0,60 de FA, 0,10 de FTS e 0,30 de ATS; 6: 0,50 de FA, 0,20 de FTS e 0,30 de ATS; 7, 8 e 9: 0,56 de FA, 0,17 de FTS e 0,27 de ATS.

De acordo com Civille e Szczesniak (1973) a textura “é a manifestação sensorial da estrutura ou composição interna dos alimentos”.

Como se pode ver na Tabela 28 a Dureza do 1º e 2º ciclo aumentaram em todas as formulações após os dias de armazenamento. O pão é um produto que tem sua qualidade prejudicada ao longo do período de armazenamento, dando maior percepção de secura na boca, aumento na rigidez do miolo, perda de sabor e aroma e crocância (WANG et al., 2018).

O modelo gerado para a dureza ($p < 0,05$) foi significativo e a Superfície de resposta e o Gráfico de Pareto estão na Figura 44 e 45, já a elasticidade e resiliência não geraram modelos. A interação da Farinha de arroz (FA) com o amido do trigo sarraceno (ATS) foi significativa para o modelo de dureza 1º ciclo.

FIGURA 44 - SUPERFÍCIE DE RESPOSTA E GRÁFICO DE PARETO PARA A DUREZA 1º CICLO (1 DIA DE ARMAZENAMENTO)

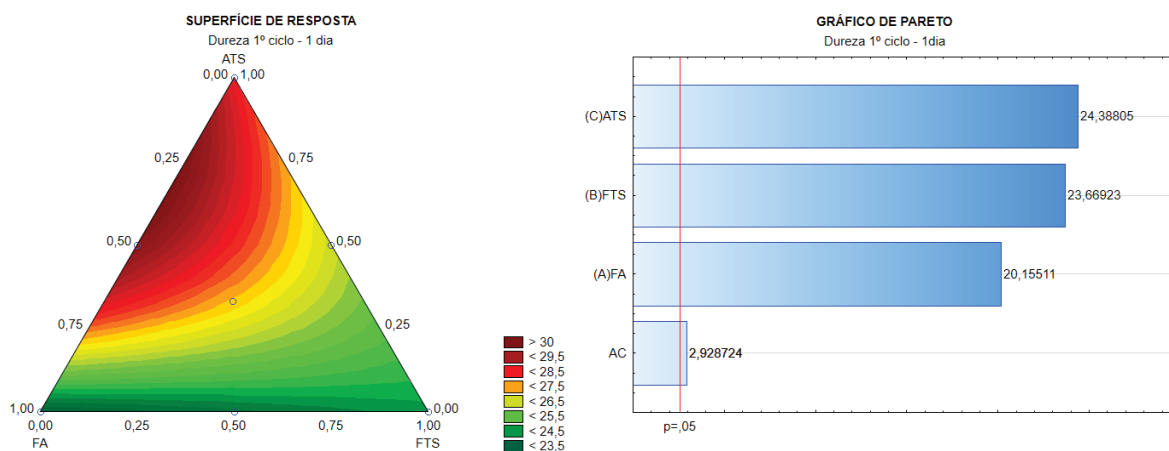
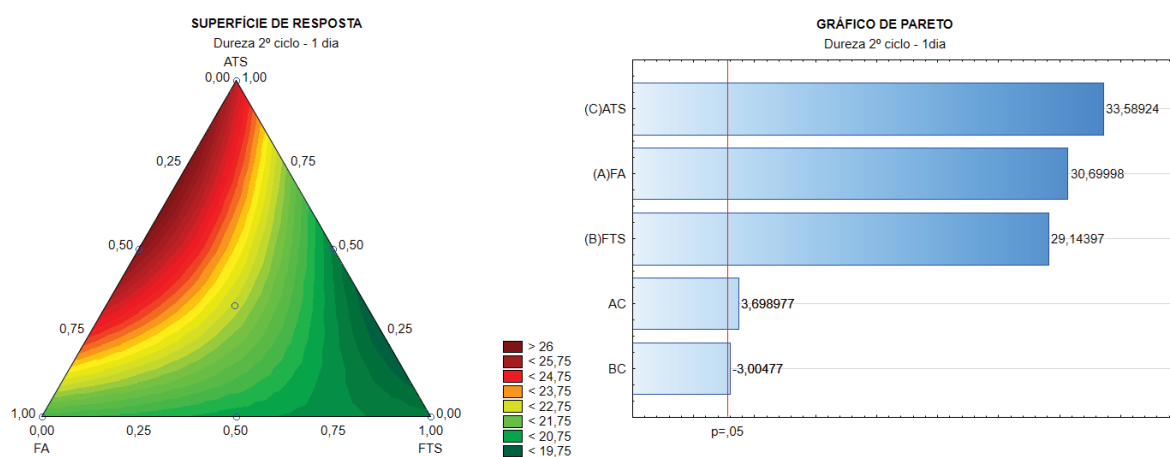


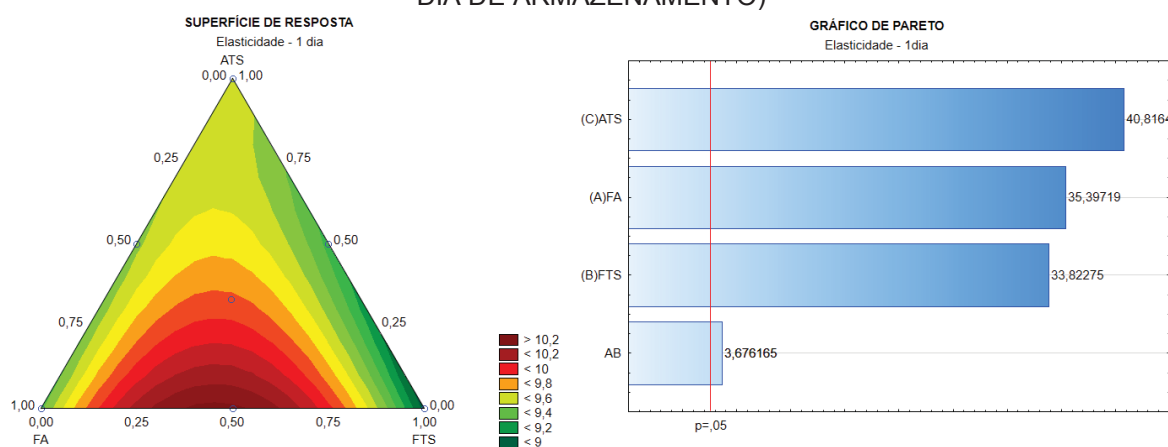
FIGURA 45 - SUPERFÍCIE DE RESPOSTA E GRÁFICO DE PARETO PARA A DUREZA 2º CICLO (1 DIA DE ARMAZENAMENTO)



Houve uma tendência semelhante entre a Dureza do 1º Ciclo (Figura 44) e 2º Ciclo (Figura 45), onde se pode observar que a influência da interação da Farinha de arroz (FA) com o amido do trigo sarraceno (ATS) é maior onde se encontra a maior tonalidade de cor vermelha.

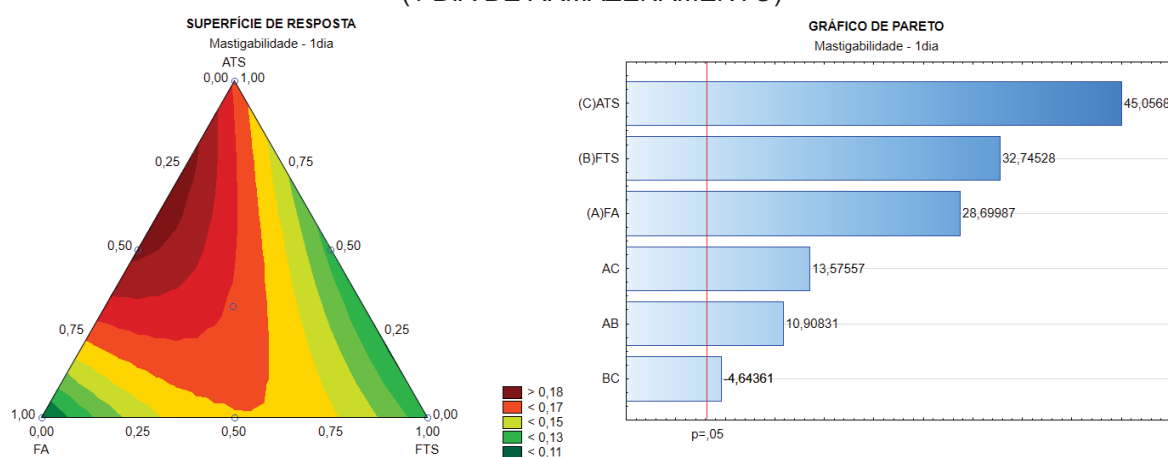
A interação significativa para Elasticidade (com 1 dia de armazenamento) foi a interação entre a Farinha de arroz (FA) com Farinha de trigo sarraceno (FTS), como se pode observar na Figura 46.

FIGURA 46 - SUPERFÍCIE DE RESPOSTA E GRÁFICO DE PARETO PARA A ELASTICIDADE (1 DIA DE ARMAZENAMENTO)



Para mastigabilidade (com 1 dia de armazenamento) todas as interações binárias tiveram significância, como se pode observar na Figura 47. Com menor importância quando as Farinhas de arroz e trigo sarraceno se encontram em concentrações mais isoladas.

FIGURA 47 - SUPERFÍCIE DE RESPOSTA E GRÁFICO DE PARETO PARA A MASTIGABILIDADE (1 DIA DE ARMAZENAMENTO)



A modelagem feita por meio da metodologia de RSM com os dados obtidos constam na Tabela 30.

TABELA 30 - COEFICIENTES DE REGRESSÃO OBTIDOS PELA METODOLOGIA DA SUPERFÍCIE DE RESPOSTA QUANTO OS EFEITOS DE FA, FTS E ATS PARA OS PARÂMETROS DE TEXTURA.

Propriedades	Coeficiente de regressão	Erro padrão	p valor
<i>Dureza 1º ciclo – 1 dia</i>			
(A) FA	23,45207	1,163579	0,000006
(B) FTS	24,38777	1,030358	0,000003
(C) ATS	28,39885	1,164457	0,000002
AC	16,21254	5,535702	0,032681
R ²	0,8209		
R ² ajustado	0,7134		
p valor (modelo)	0,032681		
p valor (falta de ajuste)	0,050835		
<i>Dureza 2º ciclo – 1 dia</i>			
(A) FA	21,14055	0,688618	0,000007
(B) FTS	20,07737	0,688903	0,000008
(C) ATS	25,24681	0,751634	0,000005
AC	12,13291	3,280071	0,020854
BC	-9,91478	3,299679	0,039755
R ²	0,9427		
R ² ajustado	0,8853		
p valor (modelo)	0,024755		
p valor (falta de ajuste)	0,103060		
<i>Elasticidade – 1 dia</i>			
(A) FA	9,372498	0,264781	0,000000
(B) FTS	8,962373	0,264981	0,000000
(C) ATS	9,570031	0,234465	0,000000
AB	4,630823	1,259689	0,014351
R ²	0,7477		
R ² ajustado	0,5964		
p valor (modelo)	0,014351		
p valor (falta de ajuste)	0,276375		
<i>Mastigabilidade - 1 dia</i>			
(A) FA	0,107196	0,003735	0,000093
(B) FTS	0,122258	0,003734	0,000063
(C) ATS	0,168225	0,003734	0,000024
AB	0,177766	0,016296	0,001649
AC	0,221233	0,016296	0,000865
BC	-0,076099	0,016388	0,018826
R ²	0,9934		
R ² ajustado	0,9824		
p valor (modelo)	0,001426		
p valor (falta de ajuste)	0,405950		

R² = coeficiente de determinação;

R² ajustado = coeficiente de determinação ajustado;

p valor = probabilidade de significância.

3.3 ANÁLISE MICROBIOLÓGICA

Os resultados obtidos nas análises microbiológicas das 9 formulações dos pães sem glúten podem ser visualizados na Tabela 31.

TABELA 31 - ANÁLISES MICROBIOLÓGICAS DOS PÃES DE TRIGO SARRACENO.

Formulação	Coliformes a 45°C (NPM/g)	<i>Salmonellasp</i> /25g
1	< 10 ²	Ausente
2	< 10 ²	Ausente
3	< 10 ²	Ausente
4	< 10 ²	Ausente
5	< 10 ²	Ausente
6	< 10 ²	Ausente
7	< 10 ²	Ausente
8	< 10 ²	Ausente
9	< 10 ²	Ausente
ANVISA*	10 ²	Ausência

*ANVISA: Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Resolução RDC nº12 de 02 de janeiro de 2001). / NPM: Número mais provável.

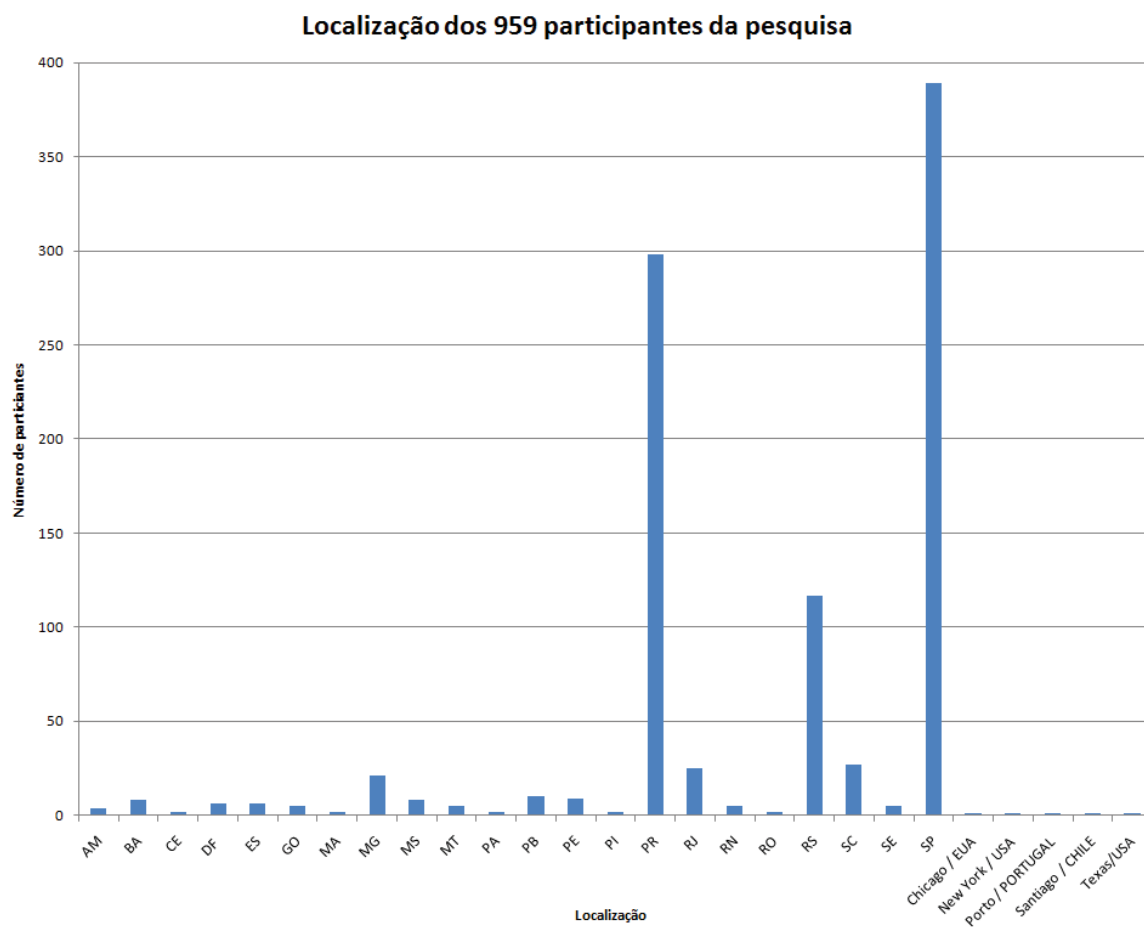
Os resultados indicaram que as formulações se encontravam seguras para o consumo humano quanto ao perfil microbiológico. Todas as análises mostraram ausência dos microrganismos pesquisados, estando dentro dos padrões previstos pela legislação vigente.

3.4 ANÁLISE SENSORIAL

3.4.1 PESQUISA DE CONSUMO

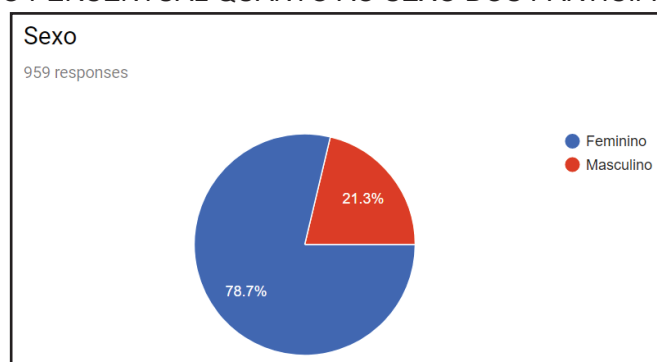
Obteve-se o total de 959 respostas ao questionário aplicado, de pessoas de 22 estados brasileiros diferentes, além de 5 lugares em outros países. A distribuição da localização dos participantes da pesquisa está apresentada na Figura 48. Mostrando uma ótima representatividade, com maior participação nos estados da região Sul (Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul) e Sudeste (São Paulo).

FIGURA 48 - LOCALIZAÇÃO DOS 959 PARTICIPANTES DA PESQUISA DE CONSUMO.



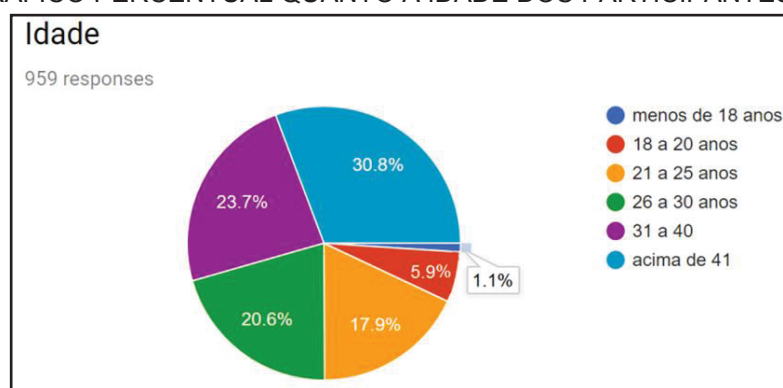
Como mostra na Figura 49, dos 959 participantes da pesquisa, 78,7 % eram do sexo feminino e 21,3 % do sexo masculino.

FIGURA 49 - GRÁFICO PERCENTUAL QUANTO AO SEXO DOS PARTICIPANTES DA PESQUISA.



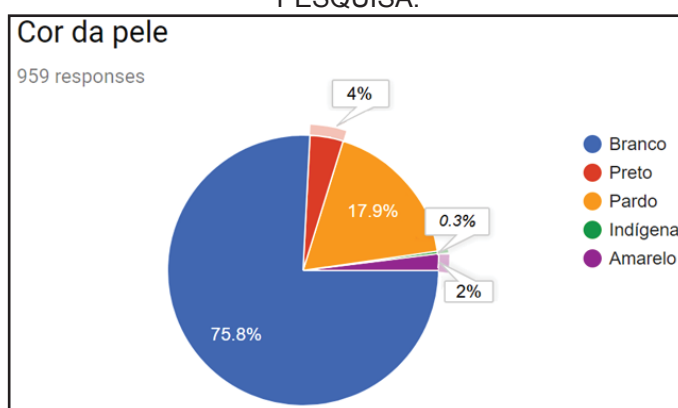
Já na Figura 50, tem-se a distribuição da faixa etária dos participantes da pesquisa, mostrando que houve boa representatividade em participantes de diferentes idades.

FIGURA 50 - GRÁFICO PERCENTUAL QUANTO A IDADE DOS PARTICIPANTES DA PESQUISA.



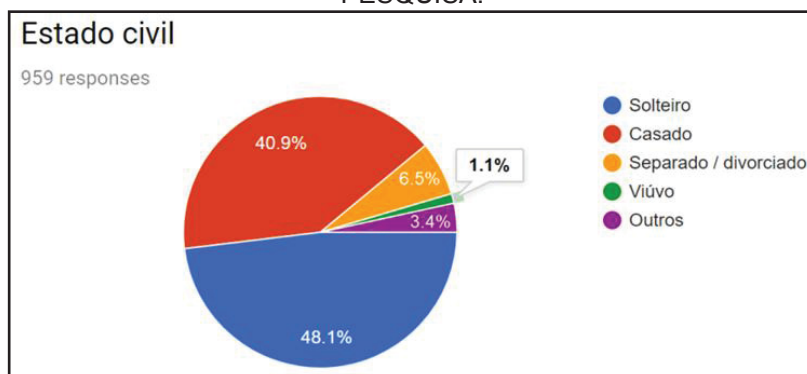
A classificação pessoal dos participantes quanto a sua cor da pele, encontra-se na Figura 51. Mostrando maior representatividade de brancos com 75,8 % e pardos com 17,9 %.

FIGURA 51 - GRÁFICO PERCENTUAL QUANTO A COR DA PELE DOS PARTICIPANTES DA PESQUISA.



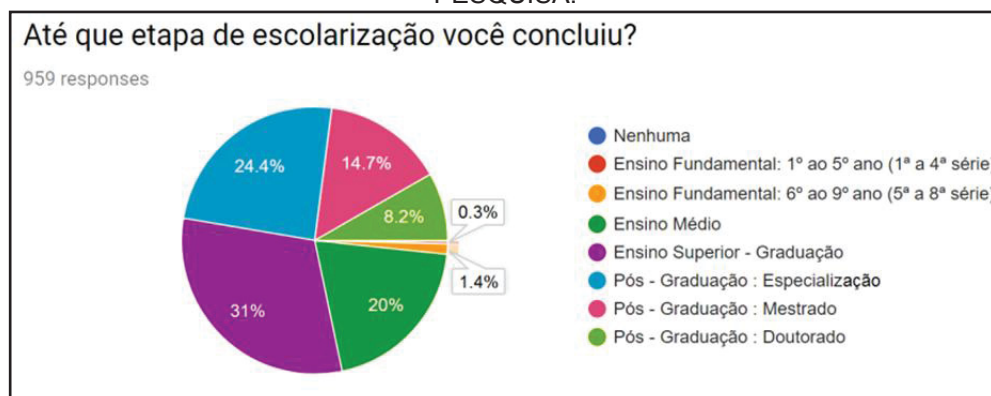
A classificação dos participantes da pesquisa por estado civil está apresentada na Figura 52.

FIGURA 52 - GRÁFICO PERCENTUAL QUANTO AO ESTADO CIVIL DOS PARTICIPANTES DA PESQUISA.



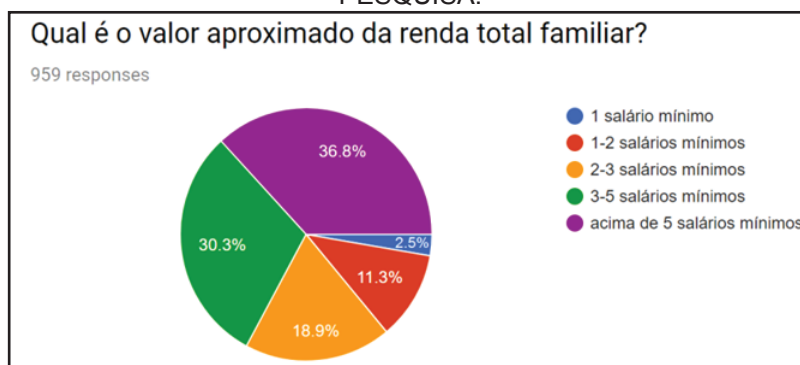
Para uma pesquisa de consumo significativa e bem representativa, deve-se abranger um público de diferentes graus de escolaridade. Essa boa distribuição que foi realizada está apresentada na Figura 53.

FIGURA 53 - GRÁFICO PERCENTUAL QUANTO A ESCOLARIDADE DOS PARTICIPANTES DA PESQUISA.



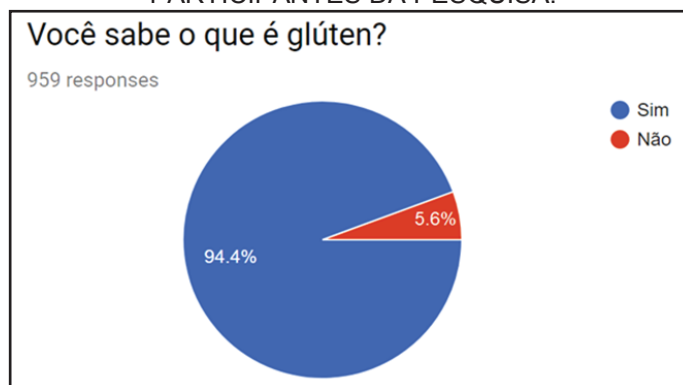
A distribuição dos participantes pela renda familiar está na Figura 54, para que se entenda o interesse pelo produto por consumidores de todas as faixas salariais é importante boa distribuição das diferentes rendas.

FIGURA 54 - GRÁFICO PERCENTUAL QUANTO A RENDA FAMILIAR DOS PARTICIPANTES DA PESQUISA.



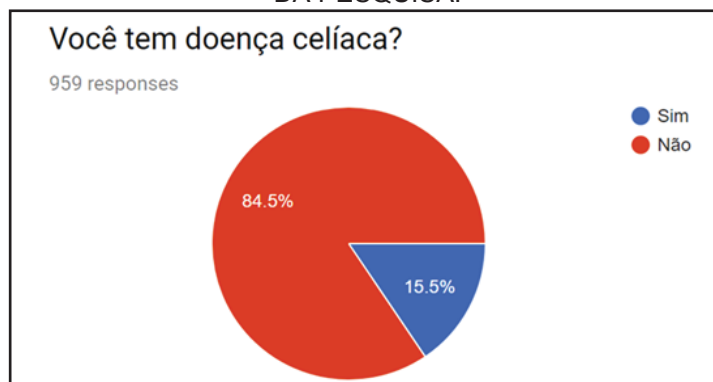
Como mostra a Figura 55, o tema “glúten” é bem conhecido pela sociedade no geral (94,4 %), com 5,6 % dos participantes somente desconhecendo o tema. Ainda assim, atualmente, esse valor de desconhecimento em relação ao glúten não era esperado pelos desenvolvedores da pesquisa.

FIGURA 55 - GRÁFICO PERCENTUAL QUANTO AO CONHECIMENTO SOBRE O GLÚTEN DOS PARTICIPANTES DA PESQUISA.



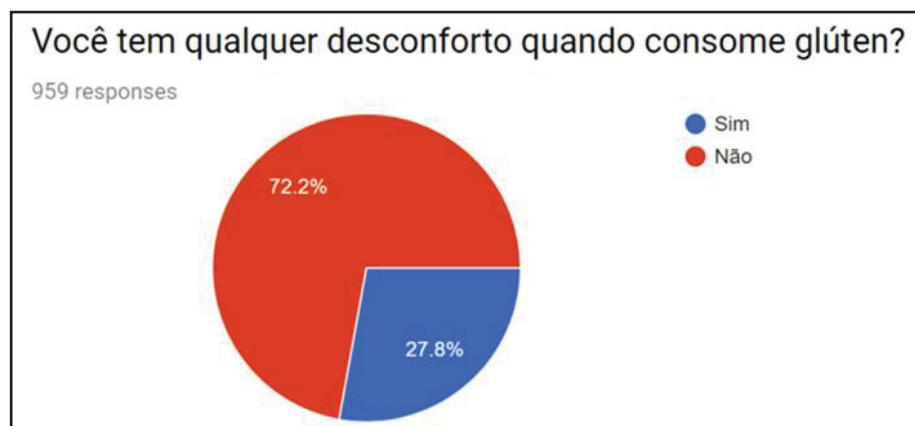
Procurou-se boa representatividade do público celíaco para maior entendimento das necessidades e interesses dos mesmos em relação à necessidade de produtos de panificação sem glúten. Na Figura 56 mostramos que 15,5 % dos participantes desta pesquisa de consumo foram celíacos.

FIGURA 56 - GRÁFICO PERCENTUAL QUANTO A QUANTIDADE DE CELÍACOS PARTICIPANTES DA PESQUISA.



Além das pessoas declaradamente celíacas, outras pessoas podem sentir desconforto no consumo do glúten. A Figura 57 mostra que 27,8 % das pessoas afirmaram que apresentam esse desconforto, mesmo boa parte dessa porcentagem não sendo celíaca.

FIGURA 57 - GRÁFICO PERCENTUAL QUANTO A DESCONFORTO AO CONSUMIR GLÚTEN DECLARADO PELOS PARTICIPANTES DA PESQUISA.



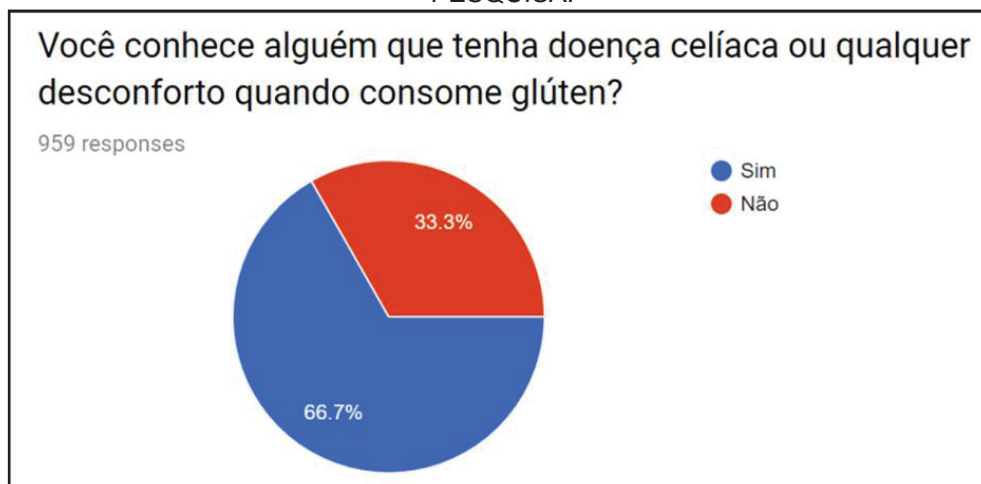
Na Figura 58, pode-se observar que apenas 13,3 % da população da pesquisa nunca ingere glúten e somente 0,7 % ingere segundo recomendação médica. Sendo assim totaliza-se 14 %, o que se aproxima dos 15,5 % que se autodeclararam celíacos.

FIGURA 58 - GRÁFICO PERCENTUAL QUANTO A FREQUÊNCIA DE CONSUMO DE GLÚTEN PELOS PARTICIPANTES DA PESQUISA.



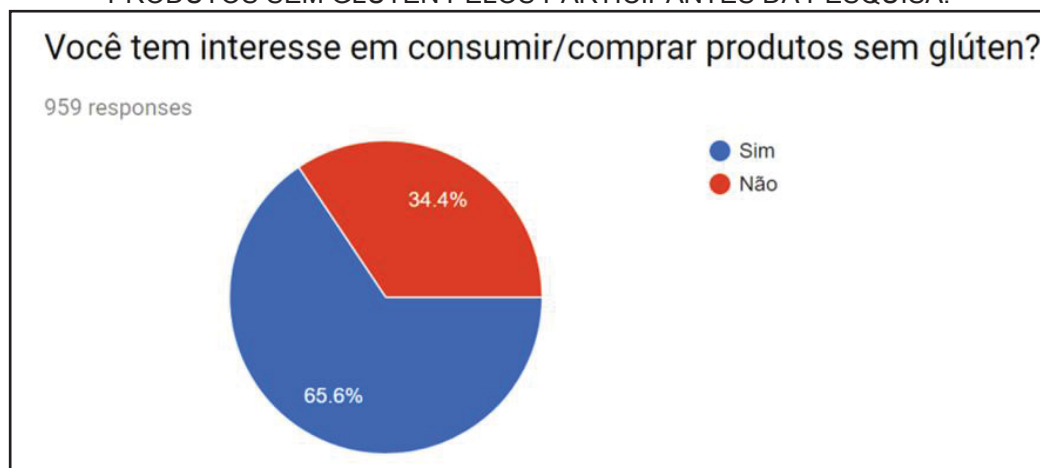
Apesar das 27,8 % das pessoas se declararem desconfortáveis no consumo do glúten (Figura 57), na Figura 59 vê-se que 33,3 % das pessoas conhecem alguém que sentem desconforto no consumo do glúten, sugerindo presença de parentes ou amigos célicos e/ou semelhantes dentre os participantes da pesquisa.

FIGURA 59 - GRÁFICO PERCENTUAL QUANTO AO CONHECIMENTO DE “ALGUÉM QUE SE SINTA DESCONFORTÁVEL OU NÃO POSSA CONSUMIR GLÚTEN” PELOS PARTICIPANTES DA PESQUISA.



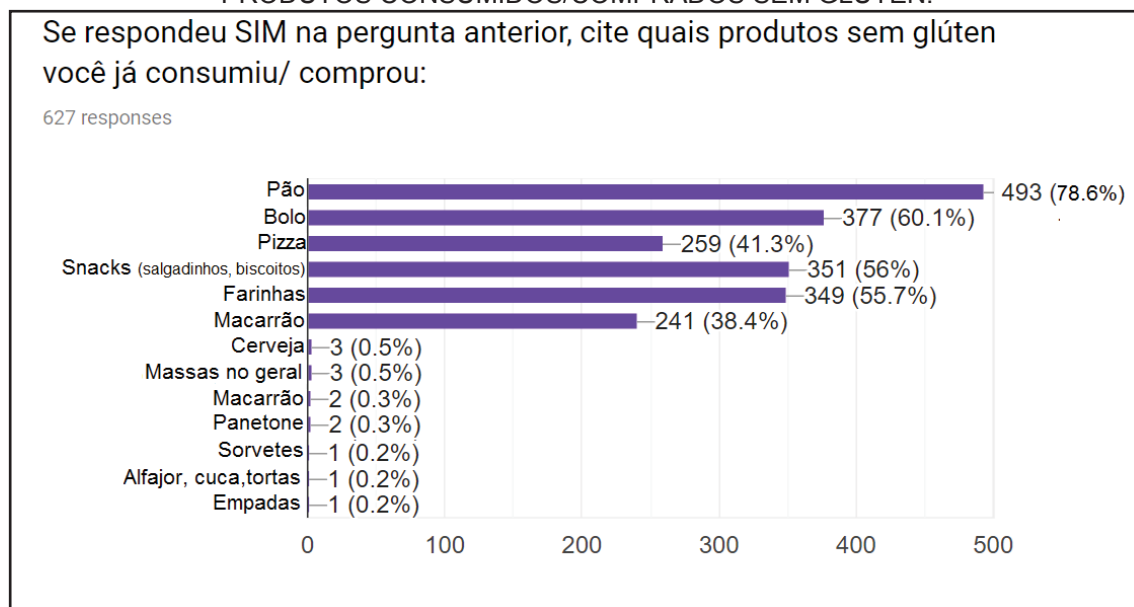
Corroborando com os dados da Figura 59, com valores muito próximos (34,4 %) na Figura 60, vê-se o interesse dos participantes da pesquisa por consumir ou comprar produtos sem glúten.

FIGURA 60 - GRÁFICO PERCENTUAL QUANTO AO INTERESSE EM CONSUMIR/COMPRAR PRODUTOS SEM GLÚTEN PELOS PARTICIPANTES DA PESQUISA.



Os participantes da pesquisa citaram alguns produtos sem glúten de maior interesse para consumo/compra. Como se observa na Figura 61, o produto de maior interesse é o pão, sendo citado por 78,6 % dos participantes. Seguido por bolos, *snacks*, farinhas, entre outros.

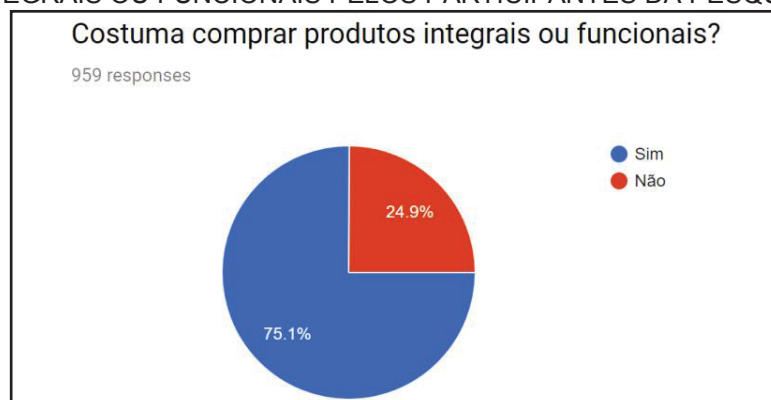
FIGURA 61 - PRINCIPAIS PRODUTOS CITADOS PELOS PARTICIPANTES DA PESQUISA COMO PRODUTOS CONSUMIDOS/COMPRADOS SEM GLÚTEN.



Outros produtos também foram citados pelos participantes da pesquisa, como pão de mel, *cookies*, chocolate, doces em geral, sobremesa, pudins, farofas, lasanhas, bolachas.

Para entender o perfil de consumo dos participantes da pesquisa, perguntou-se qual o interesse por produtos denominados Integrais ou Funcionais, na Figura 62 observa-se então que 75,1 % dos participantes declararam interesse nesse tipo de produto.

FIGURA 62 - GRÁFICO PERCENTUAL QUANTO AO COSTUME DE CONSUMO DE PRODUTOS INTEGRAIS OU FUNCIONAIS PELOS PARTICIPANTES DA PESQUISA.



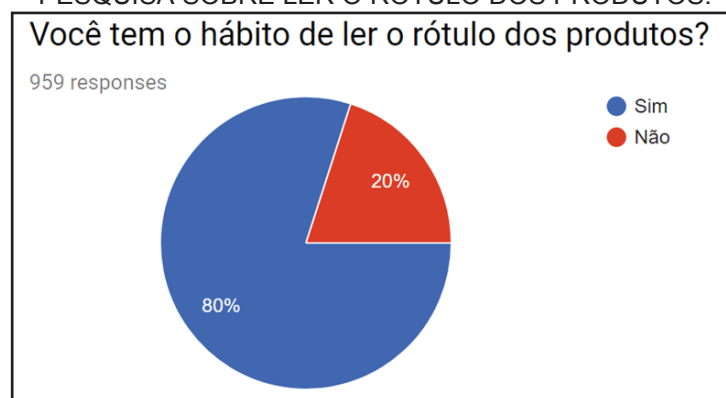
Entretanto como também se constatou (Figura 63) produtos sem glúten, apesar do interesse dos participantes, são considerados de alto valor/custo quando comparado com produtos com glúten.

FIGURA 63 - GRÁFICO PERCENTUAL QUANTO A OPINIÃO DOS PARTICIPANTES DA PESQUISA SOBRE O CUSTO DOS PRODUTOS SEM GLÚTEN.



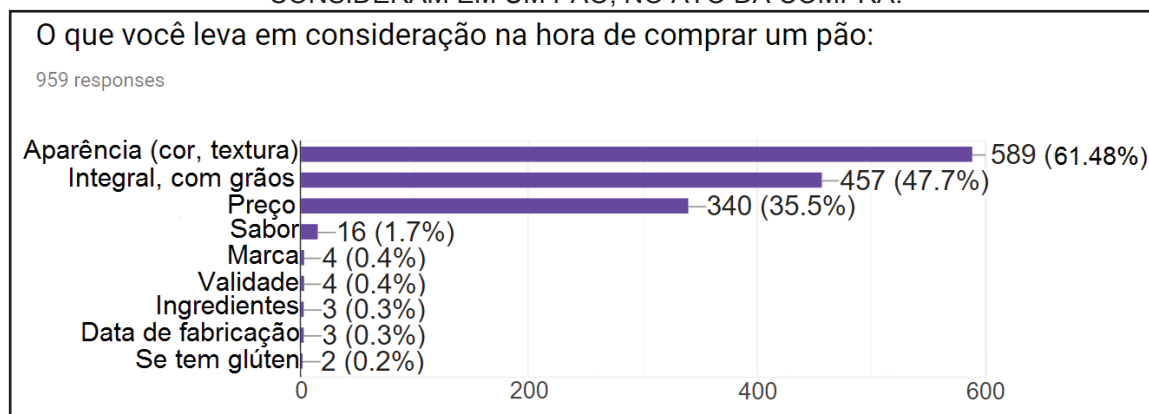
Quanto os participantes da pesquisa, outro dado surpreendente, é que 20 % deles não têm o hábito de ler os rótulos dos produtos alimentícios, como mostra a Figura 64. Apesar da importância desse hábito estar amplamente divulgada hoje em dia.

FIGURA 64 - GRÁFICO PERCENTUAL QUANTO AO HÁBITO DOS PARTICIPANTES DA PESQUISA SOBRE LER O RÓTULO DOS PRODUTOS.



Para finalizar perguntou-se aos participantes da pesquisa quais características eles consideravam na compra de um pão, e as três principais características, como mostra a Figura 65, são: aparência (citado por 61,48 % dos participantes), ser integrais (com grãos entre outros) (citado por 47,7 % dos participantes) e o preço (citado por 35,5 % dos participantes).

FIGURA 65 - PRINCIPAIS RESPOSTAS DOS PARTICIPANTES DA PESQUISA SOBRE O QUE CONSIDERAM EM UM PÃO, NO ATO DA COMPRA.



Foram citados também em menores quantidades: percentual protéico, calorias, presença de lactose ou ovos, lista de ingredientes, tabela nutricional, marketing e reputação da marca, ser orgânico, maciez.

3.4.2 TESTE DE ACEITAÇÃO

Aplicando a escala hedônica de 9 pontos (de 1 a 9, sendo 1 “desgostei muitíssimo” e 9 “gostei muitíssimo”), os participantes da pesquisa deram notas para as 9 formulações de pães sem glúten, para os parâmetros: cor, sabor, textura e aceitação global. As médias das notas dos 124 participantes da pesquisa estão apresentadas na Tabela 32.

TABELA 32 - MÉDIA DAS NOTAS OBTIDAS PARA AS 9 FORMULAÇÕES DE PÃES SEM GLÚTEN DENTRO DA ESCALA HEDÔNICA (PONTOS DE 1 A 9) PARA OS PARÂMETROS: COR, SABOR, TEXTURA E ACEITAÇÃO GLOBAL.

Formulação	Cor	Sabor	Textura	Aceitação global
1	7,23 ± 1,38 ^a	6,99 ± 1,59 ^a	6,90 ± 1,66 ^a	7,12 ± 1,50 ^a
2	7,27 ± 1,40 ^a	6,97 ± 1,61 ^a	7,12 ± 1,61 ^a	7,10 ± 1,46 ^a
3	7,39 ± 1,45 ^a	7,06 ± 1,54 ^a	7,26 ± 1,46 ^a	7,24 ± 1,32 ^a
4	7,33 ± 1,46 ^a	7,05 ± 1,56 ^a	7,42 ± 1,43 ^a	7,31 ± 1,32 ^a
5	7,35 ± 1,43 ^a	7,23 ± 1,43 ^a	7,37 ± 1,37 ^a	7,41 ± 1,29 ^a
6	7,32 ± 1,49 ^a	7,15 ± 1,41 ^a	7,32 ± 1,43 ^a	7,31 ± 1,25 ^a
7	7,35 ± 1,39 ^a	7,10 ± 1,54 ^a	7,27 ± 1,56 ^a	7,35 ± 1,28 ^a
8	7,20 ± 1,56 ^a	6,86 ± 1,70 ^a	7,01 ± 1,75 ^a	7,02 ± 1,61 ^a
9	7,38 ± 1,38 ^a	7,06 ± 1,66 ^a	7,20 ± 1,60 ^a	7,15 ± 1,47 ^a
DMS	0,350012	0,49167	0,51337	0,42671

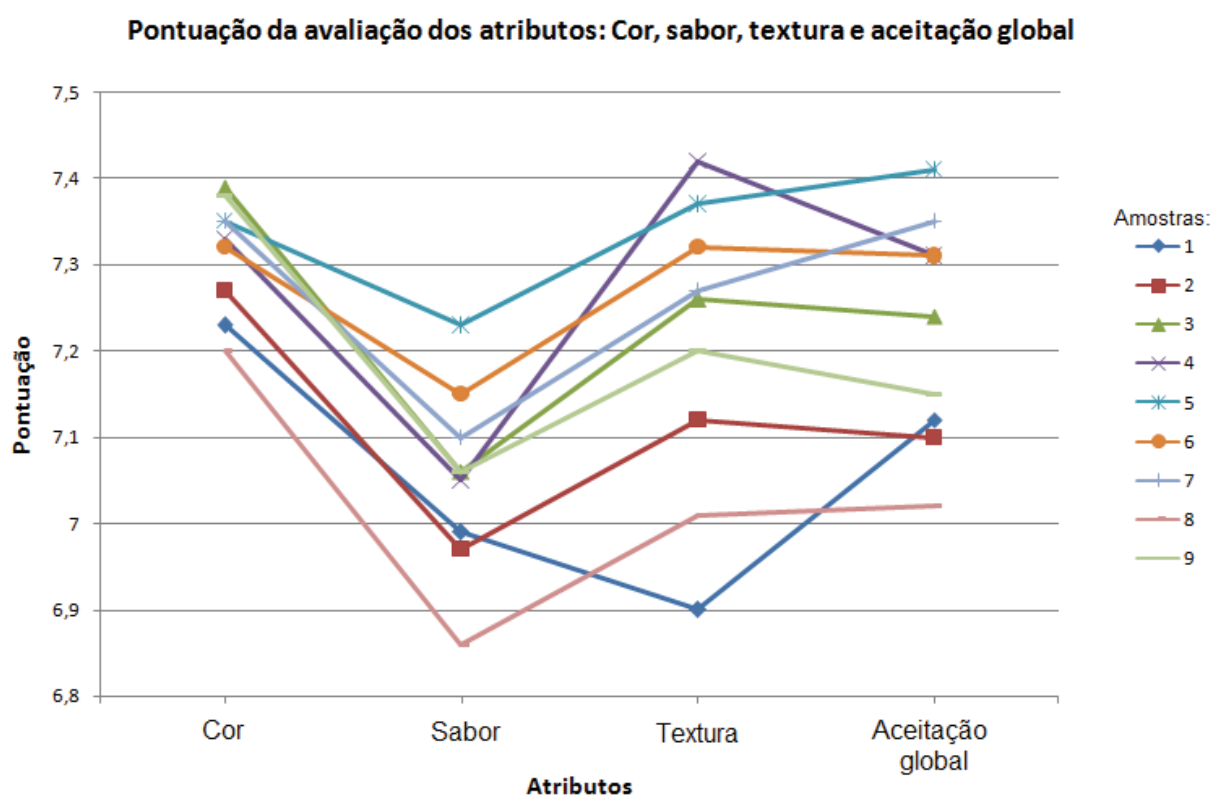
*DMS: Diferença mínima significativa.

**Sendo FA, farinha de arroz, FTS, farinha de trigo sarraceno e ATS, amido de trigo sarraceno, as proporções das formulações são: 1: 0,70 de FA, 0,10 de FTS e 0,20 de ATS; 2: 0,50 de FA, 0,30 de FTS e 0,20 de ATS; 3: 0,50 de FA, 0,10 de FTS e 0,40 de ATS; 4: 0,60 de FA, 0,20 de FTS e 0,20 de ATS; 5: 0,60 de FA, 0,10 de FTS e 0,30 de ATS; 6: 0,50 de FA, 0,20 de FTS e 0,30 de ATS; 7, 8 e 9: 0,56 de FA, 0,17 de FTS e 0,27 de ATS.

Pode-se considerar então que todas as 9 formulações, em todos os parâmetros analisados, se enquadraram nas notas de 6,86 a 7,39, ou seja, de 6 “gostei ligeiramente” e levemente acima de 7 “gostei regularmente”.

Para melhor visualização plotou-se um gráfico de dispersão com os dados da Tabela 32, que estão na Figura 66. Onde é possível observar que a formulação de pão que se manteve linear em todos os atributos e com boas médias, foi a formulação de pão 5.

FIGURA 66 - PONTUAÇÃO DA AVALIAÇÃO PARA CADA FORMULAÇÃO DE PÃO SEM GLÚTEN PARA OS ATRIBUTOS: COR, SABOR, TEXTURA E ACEITAÇÃO GLOBAL.



3.4.2.1 Mapa de Preferência Interno

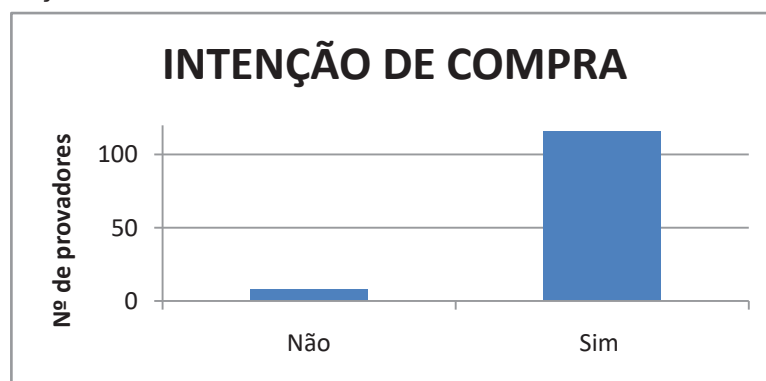
Para obtenção do Mapa de Preferência Interno ou Análise de Preferência Multidimensional (MDPREF), se organizou os dados de aceitação numa matriz de amostras (em linhas) e consumidores (em colunas), a qual foi submetida à Análise de Componentes Principais (ACP).

Os resultados foram expressos em um gráfico de dispersão das formulações (Figura 67) em relação aos dois primeiros componentes principais. Os componentes

3.4.3 TESTE DE INTENÇÃO DE COMPRA

Quando questionados sobre a intenção de compra do pão de trigo sarraceno sem glúten elaborado nesta pesquisa, dos 124 provadores, 116 afirmam que comprariam e 8 afirmaram que não comprariam, como mostra a Figura 68.

FIGURA 68 - INTENÇÃO DE COMPRA QUANTO O PÃO ELABORADO COM TRIGO SARRACENO



Dessa forma pode-se afirmar que 93,55 % dos provadores teriam a intenção de comprar o pão desenvolvido, e somente 6,45 % afirmaram que não comprariam.

Dentre os motivos para esta negativa na intenção de compra, os provadores relataram a falta de conhecimento sobre o trigo sarraceno, uma maior preferência por pães integrais, ou por não verem necessidade da substituição do pão convencional por pães sem glúten.

3.4.4 TESTE DE PERFIL LIVRE

3.4.4.1 Generalized Procrustes Analysis - GPA

Para avaliarmos a eficiência do GPA, inicialmente observou-se o valor de p valor da tabela ANOVA. Na randomização dos resultados obteve-se p valor $<0,01$ o que significa que os provadores estão de acordo em aproximadamente 99,0 %.

Outro parâmetro que é possível de se analisar no GPA, são os Resíduos pelas Figuras, que estão expostos na Tabela 33, ou seja, são os resíduos para cada Formulação.

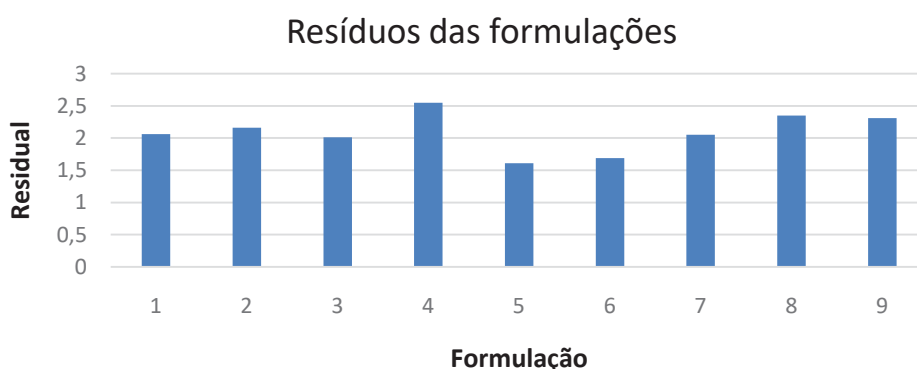
TABELA 33 - RESÍDUOS PELAS FIGURAS/FORMULAÇÕES

Figuras/Formulações	Consenso	Residual	Total
1	8,49	2,06	10,54
2	7,79	2,16	9,95
3	10,80	2,01	12,81
4	11,56	2,55	14,11
5	8,68	1,61	10,29
6	6,41	1,69	8,09
7	8,56	2,05	10,62
8	9,99	2,35	12,34
9	8,94	2,31	11,25
Total SS:	81,22	18,78	100,00

Vê-se na Tabela 33, que a Formulação 5 apresentou o menor resíduo, ou seja, houve maior consenso da parte dos provadores em relação a esta formulação. Já a formulação 4, foi a que apresentou maior resíduo, ou seja, houve menor consenso da parte dos provadores em sua avaliação. Apesar desta diferença, é possível afirmar que como todos os resíduos estão muito próximos e com valores baixos, os provadores no geral estão em consenso na avaliação das 9 formulações de pães desenvolvidos.

Na Figura 69 pode-se visualizar de forma facilitada, em forma de gráfico, o residual para cada formulação.

FIGURA 69 - RESÍDUOS DAS FORMULAÇÕES



Pelo GPA também pode se obter os Resíduos dos provadores, esses dados estão expostos na Tabela 34.

TABELA 34 - RESÍDUOS DOS PROVADORES

Provador	Residual	Total
1	1,16	5,99
2	1,10	6,20
3	1,09	6,24
4	0,85	6,75
5	0,94	6,59
6	0,77	6,93
7	1,55	5,68
8	1,12	6,39
9	1,06	6,49
10	0,88	6,76
11	1,05	6,46
12	1,60	5,64
13	1,41	5,93
14	1,78	5,31
15	1,10	6,47
16	1,31	6,17
Total SS:		18,78
Consensus Proportion:		0,81

Sabe-se que quanto menor o resíduo do provador, que no caso foi o provador 6 (com resíduo de 0,77), é maior o consenso de sua opinião com resto da equipe. Já provadores de maiores resíduos como o provador 14 (resíduo de 1,78) ou o provador 12 (resíduo de 1,60) apresentam menor consenso de suas opiniões com o resto da equipe sensorial.

No geral, todos os 16 provadores obtiveram resíduos baixos, sendo possível considerar essa equipe de provadores confiável, e com consenso em relação às diferentes formulações.

Na Figura 70, foram apresentados os resíduos de cada provador em formato de gráfico de colunas, facilitando a visualização do provador que tem maior ou menor consenso com o resto da equipe.

FIGURA 70 - RESÍDUOS DOS PROVADORES



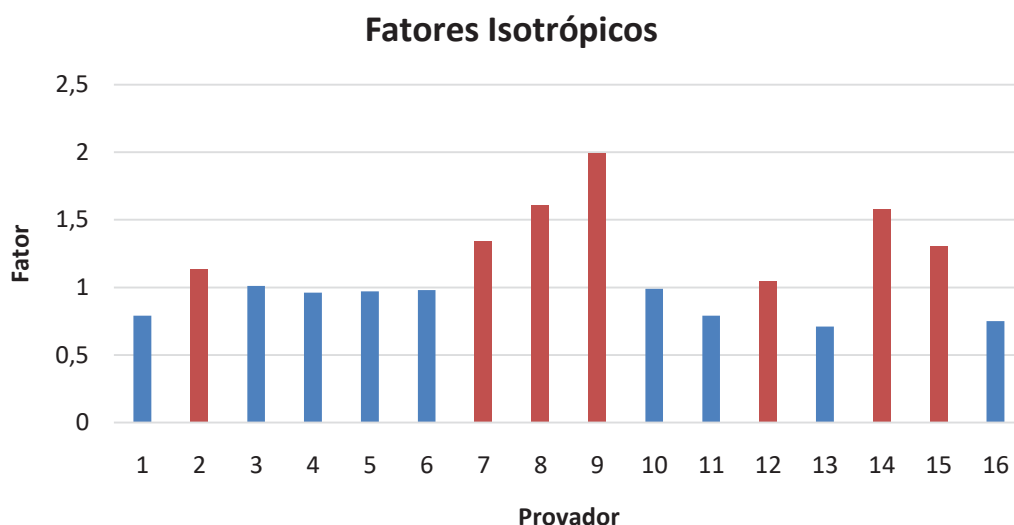
Outro parâmetro que deve ser avaliado no GPA são os Fatores Isotrópicos, que estão expostos na Tabela 35. Nesta análise o provedor que obteve o fator menor que 1,0, indica que utilizou a escala de forma mais estreita, e provedor com valores maiores que 1,0 mostra que utilizou a escala de forma mais ampla.

TABELA 35 - FATORES ISOTRÓPICOS

Provedor	Fator
1	0,79
2	1,14
3	1,01
4	0,96
5	0,97
6	0,98
7	1,34
8	1,61
9	1,99
10	0,99
11	0,79
12	1,05
13	0,71
14	1,58
15	1,31
16	0,75

Na Figura 71, estão apresentados os fatores isotrópicos para cada provedor, com cores diferenciadas. Os provedores marcados de azul são aqueles que obtiveram fator menor que 1,0, e os de vermelho acima de 1,0.

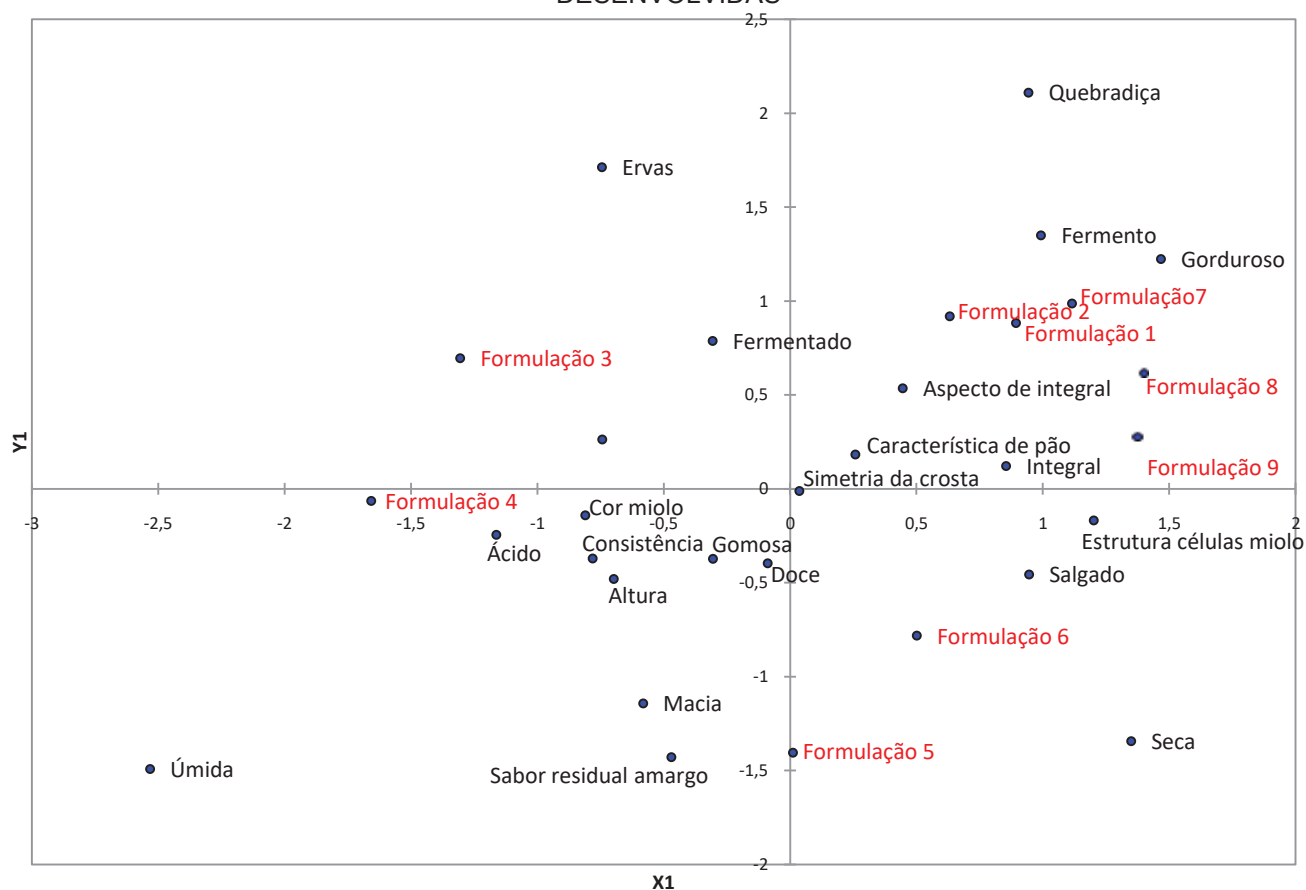
FIGURA 71 - FATORES ISOTRÓPICOS



3.4.4.2 Perfil dos pães de trigo sarraceno

Por meio da análise de Perfil Livre foram traçados os perfis das 9 formulações de pães desenvolvidos a partir da farinha de trigo sarraceno e seu amido. Os perfis considerando os atributos levantados pelos próprios participantes da pesquisa estão expostos na Figura 72.

FIGURA 72 - PERFIL DAS 9 FORMULAÇÕES PÃES SEM GLÚTEN DE TRIGO SARRACENO DESENVOLVIDAS



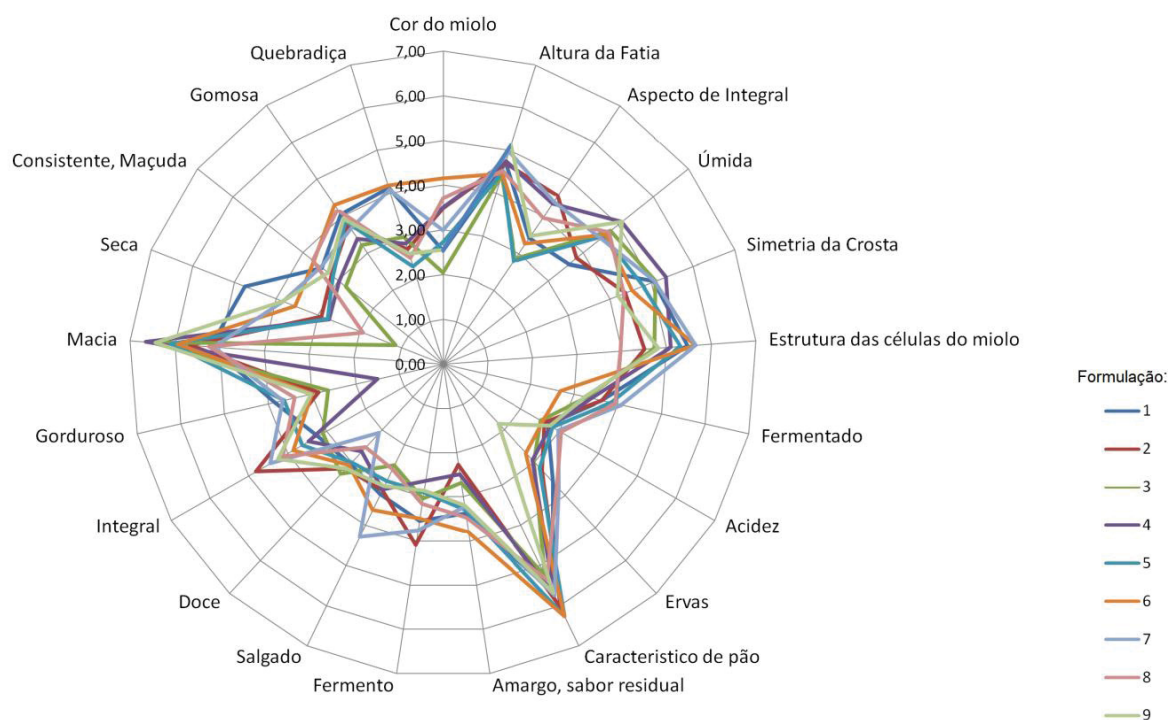
Percebe-se que 5 das 9 formulações se localizaram no quadrante referente as características: integral, aspecto de integral e característica de pão.

Algumas características, apesar de citadas por algum participante da pesquisa, como “úmida”, “seca” e “ervas” não apresentam proximidade vetorial com alguma outra formulação.

Os valores obtidos na análise de Perfil Livre para as 9 formulações de pão sem glúten foram organizados em forma de Gráfico Radial (Figura 73) para melhor caracterização.

FIGURA 73 - GRÁFICO RADIAL DO PERFIL SENSORIAL DAS 9 FORMULAÇÕES DE PÃES SEM GLÚTEN DETERMINADOS POR ANÁLISE DE PERFIL LIVRE.

Perfil sensorial das 9 formulações de pães sem glúten determinados por Análise de Perfil Livre



Os parâmetros com maiores valores são os que definem os pães desenvolvidos, por serem os mais percebidos pelos participantes da pesquisa. Dessa forma os pães analisados foram classificados por: Macios, com aspecto característico de pão, e de agradável aparência quanto à homogeneidade dos alvéolos do miolo. Já as características que menos foram percebidas, e que eram indesejáveis que existissem, foram: Seca, consistente (maçuda), aroma de Ervas e de fermentado.

4. CONCLUSÕES

As nove formulações de pães sem glúten desenvolvidos apresentaram boa aparência e estrutura, alvéolos bem desenvolvidos, bom crescimento e cor da crosta interessante.

Ao longo da vida de prateleira observou-se a diminuição da massa do pão, pela perda de umidade, o que mostra que apesar da embalagem utilizada ter sido de polietileno de baixa densidade houve perda de água para o ambiente, com enrijecimento do produto, demonstrado também na análise de textura, com o aumento da dureza. Por isso sugere-se o consumo desse produto até 3 dias após seu assamento, até mesmo por ser um produto integral, orgânico e sem nenhum tipo de conservantes, que valoriza uma alimentação natural, nutritiva e saudável.

Com a análise microbiológica atestou-se a segurança alimentar dos produtos desenvolvidos com ausência de Coliformes a 45 °C/g e *Salmonella sp*/25g.

A pesquisa de consumo realizada virtualmente e presencialmente com 959 participantes, teve grande alcance, em 22 estados brasileiros e alguns representantes estrangeiros. Proporcionando assim boa representatividade quanto à opinião dos potenciais consumidores do produto desenvolvido. Destes 15,5 % se autodeclararam celíacos, o que foi de grande interesse para a pesquisa, pois se obteve a real opinião desse público com exigências tão específicas. Dos 959 participantes, 34,4 % afirmaram o interesse em consumir produtos sem glúten, mostrando que não somente os celíacos, mas grande parte do público geral tem interesse em produtos sem glúten, como os produtos desenvolvidos.

As 9 formulações foram avaliadas por cor, sabor, textura e aceitação global quanto sua aceitação por 124 participantes, e apresentaram notas médias dentro do quadro de "gostei". No geral os produtos desenvolvidos foram bem aceitos, com a Formulação 5 (com 60 % de FA, 10 % de FTS e 30 % de ATS) com resultados mais lineares e consistentes, sendo uma das mais aceitas considerando os 4 aspectos de avaliação.

Dos 124 provadores, 93,6 % comprariam os pães sem glúten desenvolvidos com farinha e amido de trigo sarraceno e farinha de arroz. Conclui-se que estes seriam muito bem aceitos pelos consumidores, além de ser um produto desejado como já afirmado nas pesquisas de consumo.

Quanto ao perfil sensorial traçado para as 9 formulações, por meio da análise sensorial de Perfil Livre, percebeu-se que 5 (cinco) delas foram enquadradas pelos participantes com gosto e aspecto integral e aparência e gosto característica de pão. Foi considerado um produto macio e com boas estruturas das células do miolo.

Sendo assim os pães desenvolvidos tiveram boa aceitação do público, além de considerados gostosos ao paladar e bonitos aos olhos. Instigando assim o interesse de compra dos provadores.

CONCLUSÃO GERAL

Neste trabalho se caracterizou a farinha e o amido do trigo sarraceno produzido no estado do Paraná/Brasil. Por meio das análises físico-químicas, térmicas, reológicas e estruturais constatou-se seu significativo valor nutricional (com alto teor de aminoácidos essenciais, além da presença de compostos fenólicos e antioxidantes) e tecnológico (com grande quantidade de amido de alta viscosidade) para aplicações em produtos de panificação sem glúten.

Foram analisadas as farinhas mistas que foram desenvolvidas por meio do Delineamento de misturas Simplex-Centroíde, com o amido e a farinha de trigo sarraceno, e a farinha de arroz. Percebeu-se que em farinhas mistas produzidas com maior quantidade de farinha de trigo sarraceno, estes adquirem uma cor mais escurecida, tendendo a um maior croma b^* e apresentam maior granulometria, entretanto, quando o componente de maior quantidade na formulação é o amido do trigo sarraceno, se obtém uma farinha mista mais fina, ou seja, de menor granulometria.

Quando as farinhas mistas foram aplicadas no desenvolvimento de um produto de panificação sem glúten, foram avaliados os parâmetros desse produto. Observou-se que as 9 formulações desenvolvidas apresentaram aspectos próximos de textura, cor, atividade de água. E por meio da análise sensorial definiram-se os perfis das formulações desenvolvidas, onde foram enquadradas pelos provadores, como pães macios, com aspectos de integral e alvéolos do miolo homogêneos.

Os pães desenvolvidos apresentaram grande intenção de compra por parte dos provadores, cerca de 93,50 %. Sendo possível concluir com este trabalho que a farinha e o amido do trigo sarraceno, são insumos nutritivos e possíveis tecnologicamente de serem aplicados em produtos de panificação sem glúten com grande aceitação e intenção de compra por parte dos provadores.

REFERÊNCIAS

AACC - AMERICAN ASSOCIATION OF CEREAL CHEMISTS. **Approved Methods of analysis**. Ed. 11. First approval September 16, 1998; Reapproval November 3, 1999.

ABNT. Associação Brasileira De Normas Técnicas. **NBR 14141: Escalas utilizadas em análise sensorial de alimentos e bebidas**. Rio de Janeiro: ABNT, 1998.

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR ISO 4120: Análise sensorial – Metodologia – Teste Triangular**. Rio de Janeiro: ABNT, 2013.

ABNT. **NBR ISO 5492 - Análise sensorial - Vocabulário**. 2. ed. 2017. Disponível em: <<https://www.target.com.br/produtos/normas-tecnicas/43435/nbriso5492-analise-sensorial-vocabulario>>. Acesso em: 07 out. 2017.

AGBOR, G. A.; VINSON, J. A.; DONNELLY, P. E. Folin-Ciocalteau reagent for polyphenolic assay. **International Journal of Food Science, Nutrition and Dietetics (IJFS)**, v. 3, n. 8, p. 147-156, 2014.

AGHAMIRZAEI, M.; HEYDARI-DALFARD, A.; KARAMI, F.; FATHI, M. Pseudo-cereals as a functional ingredient: effects on bread nutritional and physiological properties - Review. **International Journal of Agriculture and Crop Sciences**, v. 5, n. 14, p. 1574-1580, 2013.

AHMADU, U.; AGBOMEJI, O.; YAHYA, M.; ODEKU, O. A. Physicochemical and material properties of starches from three cultivars of *Dioscorea rotundata*. **Agriculture and Natural Resources**, v. 52, p. 79-83, 2018.

AHMED, J.; AL-JASSAR, S.; THOMAS, L. A comparison in rheological, thermal, and structural properties between Indian Basmati and Egyptian Giza rice flour dispersions as influenced by particle size. **Food Hydrocolloids**, v. 48, p. 72-83, 2015.

ALENCAR, N. M. M.; STEEL, C. J.; ALVIM, I. D.; MORAIS, E. C.; BOLINI, H. M. A. Addition of quinoa and amaranth flour in gluten-free breads: Temporal profile and instrumental analysis. **LWT - Food Science and Technology**, v. 62, n. 2, p. 1011-1018, 2015.

ALMEIDA, T. C. A.; HOUGH, G.; DAMÁSIO, M. H.; SILVA, M. A. A. P. **Avanços em Análise Sensorial**. São Paulo: Varela, 1999.

AL-RABADI, G. J. S.; GILBERT, R. G.; GIDLEY, M. J. Effect of particle size on kinetics of starch digestion in milled barley and sorghum grains by porcine alpha-amylase. **Journal of Cereal Science**, v. 50, p. 198–204, 2009.

AL-SALEH, A.; BRENNAN, C. S. Bread wheat quality: some physical, chemical and rheological characteristics of Syrian and English bread wheat samples. **Foods**, v. 1, n. 1, p. 3-17, 2012.

- ALTINDAĞ, G.; CERTEL, M.; EREM, F.; KONAK, Ü. I. Quality characteristics of gluten-free cookies made of buckwheat, corn, and rice flour with/without transglutaminase. **Food Science and Technology International**, v. 21, n. 3, p. 213-220, 2015.
- ALVAREZ-JUBETE, L.; WIJNGAARD, H.; ARENDT, E. K.; GALLAGHER, E. Polyphenol composition and in vitro antioxidant activity of amaranth, quinoa buckwheat and wheat as affected by sprouting and baking. **Food Chemistry**, v. 119, n. 2, p. 770-778, 2010.
- ALVAREZ-JUBETE, L.; ARENDT, E. K.; GALLAGHER, E. Nutritive value and chemical composition of pseudocereals as gluten-free ingredients. **International Journal of Food Sciences and Nutrition**, v. 60, n. sup4, p. 240-257, 2009.
- AMBIGAIPALAN, P.; HOOVER, R.; DONNER, E.; LIU, Q. Retrogradation characteristics of pulse starches. **Food Research International**, v. 54, n. 1, p. 203-212, 2013.
- ANDRADE, M. M. P.; OLIVEIRA, C. S.; COLMAN, T. A. D.; COSTA, F. J. O. G.; SCHNITZLER, E. Effects of heat-moisture treatment on organic cassava starch. **Journal of Thermal Analysis and Calorimetry**, v. 115, n. 3, p. 2115-2122, 2014.
- AOAC. ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis of AOAC International**. 18 ed. Gaithersburg, 2005.
- APLEVICZ, K. S.; MOREIRA, J. P. Avaliação de goma xantana e carboximetilcelulos em pães para celíacos. **Revista da Universidade Vale do Rio Verde**, v. 13, n. 1, p. 608-615, 2015
- ARENDT, E. K.; MORRISSEY, A.; MOORE, M. M.; DAL BELL, F. **Gluten-free breads**. In: ARENDT, E. K.; BELLO, F. *Gluten-Free Cereal Products and Beverages*. London: Academic Press, 2008. p. 289-320.
- ARROYO-MANZANARES, N.; HUERTAS-PÉREZ, J. F.; GARCÍA-CAMPAÑA, A. M.; GÁMIZ-GRACIA, L. Simple methodology for the determination of mycotoxins in pseudocereals, spelt and rice. **Food Control**, v. 36, n. 1, p. 94-101, 2014.
- AYADI, M. A.; ABDELMAKSoud, W.; ENNOURI, M.; ATTIA, H. Cladodes from *Opuntia ficus indica* as a source of dietary fiber: Effect on dough characteristics and cake making. **Industrial Crops and Products**, v. 30, n. 1, p. 40-47, 2009.
- BAI, C. Z.; FENG, M. L.; HAO, X. L.; ZHONG, Q. M.; TONG, L. G.; WANG, Z. H. Rutin, quercetin, and free amino acid analysis in buckwheat (*Fagopyrum*) seeds from different locations. **Genetics and Molecular Research**, v. 14, n. 4, p. 19040-19048, 2015.
- BARROS NETO, B.; SCARMINIO, I. S.; BRUNS, R. E. **Como fazer experimentos: pesquisa e desenvolvimento na ciência e na indústria** 4. ed. Porto Alegre: Bookman, 2010. 414 p.

BATTOCHIO, J. R.; CARDOSO, J. M. P.; KIKUCHI, M.; MACCHIONE, M.; MODULO, J. S.; PAIXÃO, A. L.; PINCHELLI, A. M.; SILVA, A. R.; SOUSA, V. C.; WADA, J. K. A.; WADA, J. K. A.; BOLINI, H. M. A. Perfil sensorial de pão de forma integral. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 26, n. 2, p. 428-433, 2006.

BELZ, M. C. E; RYAN, L. A. M.; ARENDT, E. K. The impact of salt reduction in bread: a review. **Critical reviews in food science and nutrition**, v. 52, n. 6, p. 514-524, 2012.

BEMILLER, J.N.; WHISTLER, R.L. **Starch: chemistry and technology**. 3rd ed. London: Academic Press; 2009.

BENDER, D.; NEMETH, R.; CAVAZZI, G.; TUROCZI, F.; SCHALL, E.; D'AMICO, S.; TOROK, K.; LUCISANO, M.; TOMOSKOZI, S.; SCHOENLECHNER, R. Characterization of rheological properties of rye arabinoxylans in buckwheat model systems. **Food Hydrocolloids**, v. 80, p. 33-41, 2018.

BENZIE, I. F. F.; STRAIN, J. J. The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of "antioxidant power": the FRAP assay. **Analytical Biochemistry**, v. 239, n. 1, p. 70-76, 1996.

BERTOFT, E. Analysing starch structure. In: ELIASSON, A.C. **Starch in Food: Structure, Function and Applications**. England and USA: Woodhead Publishing Limited and CRC Press, 2004. p. 57-96.

BET, C. D.; CORDOBA, L. P.; RIBEIRO, L. S.; Schnitzler, E. Common vetch (*Vicia sativa*) as a new starch source: its thermal, rheological and structural properties after acid hydrolysis. **Food Biophysics**, v. 11, n. 3, p. 275-282, 2016.

BHISE, S.; KAUR, A. Baking quality, sensory properties and shelf life of bread with polyols. **Journal of Food Science and Technology**, v. 51, n. 9, p. 2054-2061, 2014.

BIACS, P.; AUBRECHT, E.; LÉDER, I.; LAJOS, J. **Buckwheat**. In: BELTON, P. S.; TAYLOR, J. R. N. Pseudocereals and Less common cereals: Grain Properties and utilization potential. New York: Springer, 2002. p. 123-147.

BIEL, W.; MACIOROWSKI, R. Evaluation of chemical composition and nutritional quality of buckwheat groat, bran and hull (*Fagopyrum Esculentum* Möench L.). **Italian Journal of Food Science**, v. 25, n. 4, p. 384, 2013.

BILGIÇLI, N. Utilization of buckwheat flour in gluten-free egg noodle production. **Journal of Food Agriculture and Environment**, v. 6, n. 2, p. 113, 2008.

BONAFACCIA, G.; MAROCCHINI, M.; KREFT, I. Composition and technological properties of the flour and bran from common and tartary buckwheat. **Food Chemistry**, v. 80, n. 1, p. 9-15, 2003.

BRAND-WILLIAMS, W.; CUVELIER, M. E.; BERSET, C. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. **LWT - Food Science and Technology**, v.28. p. 25-30, 1995.

BRASIL. Decreto nº 12.486, de 20 de outubro de 1978. **Normas técnicas especiais relativas a alimentos e bebidas**. Diário Oficial do Estado de São Paulo, São Paulo, p. 20, 21 de outubro de 1978.

BRASIL. Lei nº 8.543, de 23 de dezembro de 1992. **Determina a impressão de advertência em rótulos e embalagens de alimentos industrializados que contenham glúten, a fim de evitar a doença celíaca ou síndrome celíaca**. Diário Oficial da União, Brasília, 23 de dezembro de 1992.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA). **Instrução Normativa nº 8, de 2 de junho de 2005**. Diário Oficial da União. Brasília, Distrito Federal, 27 de junho de 2005.

BRASIL. Resolução RDC nº 263, de 22 de setembro de 2005. Aprova o **“Regulamento técnico para produtos de cereais, amidos, farinhas e farelos”**. Órgão emissor: ANVISA - Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Disponível em: <http://portal.anvisa.gov.br/documents/33916/394219/RDC_263_2005.pdf/e9aa3580-f130-4eb5-91cb-8b8818bcf6b2>. Acesso em: 22 de outubro de 2016.

BRASIL. Resolução RDC nº 12, de 02 de janeiro de 2001. Aprova o **“Regulamento técnico sobre padrões microbiológicos para alimentos”**. Órgão emissor: ANVISA - Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Disponível em: <http://portal.anvisa.gov.br/documents/33880/2568070/RDC_12_2001.pdf/15ffddf6-3767-4527-bfac-740a0400829b>. Acesso em: 28 de março de 2017.

BRITTAIN, HARRY G.; BRUCE, RICHARD D. Thermal analysis. In: AHUJA, SATINDER; JESPERSEN, NEIL. **Comprehensive Analytical Chemistry: Modern Instrumental Analysis - Volume 47**. EUA: Elsevier Science, 2006. Cap. 4. p. 63-109.

BRUNO, A. N. (Org.). **Biotecnologia I: Princípios e Métodos**. Porto Alegre: Artmed, 2014. 242 p.

BRÜTSCH, L.; TRIBOLET, L.; ISABETTINI, S.; SOLTERMANN, P.; BAUMANN, A.; WINDHAB, E. J. Tailoring rice flour structure by rubbery milling for improved gluten-free baked goods. **Food & Function**, v. 9, n. 5, p. 2951-2961, 2018.

BUREŠOVÁ, I.; TOKÁR, M.; MAREČEK, J.; HŘIVNA, L.; FAMĚRA, O.; ŠOTTNÍKOVÁ, V. The comparison of the effect of added amaranth, buckwheat, chickpea, corn, millet and quinoa flour on rice dough rheological characteristics, textural and sensory quality of bread. **Journal of Cereal Science**, v. 75, p. 158-164, 2017.

CAVALCANTI, M. T.; SILVA, F. L.; CAVALCANTI, J. H.; FLORENTINO, E. R.; FLORENCIO, I. M.; MOREIRA, R. T. Aplicação da lógica fuzzy na análise sensorial de pão de forma enriquecido. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 17, n. 2, p. 208-216, 2013.

CAYOT, N. Sensory quality of traditional foods. **Food Chemistry**, v. 102, n. 2, p. 445-453, 2007.

CEPKOVÁ, P. H.; JANOVSÁ, D.; STEHNO, Z. Assessment of genetic diversity of selected tartary and common buckwheat accessions. **Spanish Journal of Agricultural Research**, v. 7, n. 4, p. 844-854, 2009.

CHEN, L.; TIAN, Y.; SUN, B.; CAI, C.; MA, R.; JIN, Z. Measurement and characterization of external oil in the fried waxy maize starch granules using ATR-FTIR and XRD. **Food Chemistry**, v. 242, p. 131-138, 2018.

CHEN, P.; LI, Y.; LI, X. Germination Improved the Nutrient Value of Buckwheat. **Advances in Buckwheat Research Proceedings**, In: 9th International Symposium on Buckwheat, Prague, p. 598-603, 2004.

CHEN, X.; GUO, L.; DU, X.; CHEN, P.; JI, Y.; HAO, H.; XU, X. Investigation of glycerol concentration on corn starch morphologies and gelatinization behaviours during heat treatment. **Carbohydrate Polymers**, v. 176, p. 56-64, 2017.

CHISTÉ, R. C.; COHEN, K. O.; MATHIAS, E. A.; RAMOS JÚNIOR, A. G. A. 2006. Qualidade da farinha de mandioca do grupo seca. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 26, p. 861-864, 2006.

CHRISTA, K.; SORAL-ŚMIETANA, M.; LEWANDOWICZ, G. Buckwheat starch: structure, functionality and enzyme in vitro susceptibility upon the roasting process. **International Journal of Food Sciences and Nutrition**, v. 60, n. sup4, p. 140-154, 2009.

CIVILLE, C. V.; SZCZESNIAK, A. S. Guidelines to training a texture profile panel. **Journal of Texture Studies**, Westport, v. 4, n. 2, p. 204-223, 1973.

COELHO, L. M.; WOSIACKI, G. Avaliação sensorial de produtos panificados com adição de farinha de bagaço de maçã. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 30, n. 3, p. 582-588, 2010.

COLLAR, C. Impact of visco-metric profile of composite dough matrices on starch digestibility and firming and retrogradation kinetics of breads thereof: additive and interactive effects of non-wheat flours. **Journal of Cereal Science**, v. 69, p. 32-39, 2016.

COPELAND, L.; BLAZEK, J.; SALMAN, H.; TANG, M. C. Form and functionality of starch. **Food hydrocolloids**, v. 23, n. 6, p. 1527-1534, 2009.

CORDOBA, L.P.; RIBEIRO, L. S.; ROSA, L. S.; LACERDA, L. G.; SCHNITZLER, E. Effect of enzymatic treatments on thermal, rheological and structural properties of pinhão starch. **Thermochimica Acta**, v. 642, p. 45-51, 2016.

COZZOLINO, D. The use of the rapid visco analyser (RVA) in breeding and selection of cereals. **Journal of Cereal Science**, v. 70, p. 282-290, 2016.

DALL'ASTA, C.; CIRLINI, M.; MORINI, E.; RINALDI, M.; GANINO, T.; CHIAVARO, E. Effect of chestnut flour supplementation on physico-chemical properties and volatiles in bread making. **LWT-Food Science and Technology**, v. 53, n. 1, p. 233-239, 2013.

DAMODARAN, S.; PARKIN, K. L.; FENNEMA, O. R. **Química de Alimentos de Fennema**. 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 2010.

DANKAR, I.; HADDARAH, A.; OMAR, F. E.; PUJOLÀ, M.; SEPULCRE, F. Characterization of food additive-potato starch complexes by FTIR and X-ray diffraction. **Food Chemistry**, v. 260, p. 7-12, 2018.

DAR, M.; DEEPIKA, K.; JAN, K.; SWER, T. L.; KUMAR, P.; VERMA, R.; VERMA, K.; PRAKASH, K. S.; JAN, S.; BASHIR, K. Modification of structure and physicochemical properties of buckwheat and oat starch by γ -irradiation. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 108, p. 1348-1356, 2018.

DAUDT, R. M.; AVENA-BUSTILLOS, R. J.; WILLIAMS, T.; WOOD, D. F.; KÜLKAMP-GUERREIRO, I. C.; MARCZAK, L. D. F.; MCHUGH, T. H. Comparative study on properties of edible films based on pinhão (*Araucaria angustifolia*) starch and flour. **Food Hydrocolloids**, v. 60, p. 279-287, 2016.

DAUDT, R. M.; SINROD, A. J. G.; AVENA-BUSTILLOS, R. J.; KÜLKAMP-GUERREIRO, I. C.; MARCZAK, L. D. F.; MCHUGH, T. H. Development of edible films based on Brazilian pine seed (*Araucaria angustifolia*) flour reinforced with husk powder. **Food Hydrocolloids**, v. 71, p. 60-67, 2017.

DEMIRKESEN, I.; MERT, B.; SUMNU, G.; SAHIN, S. Rheological properties of gluten-free bread formulations. **Journal of Food Engineering**, v. 96, n. 2, p. 295-303, 2010.

DENARDIN, C. C.; SILVA, L. P. Estrutura dos grânulos de amido e sua relação com propriedades físico-químicas. **Ciência Rural**, v. 39, n. 3, 2009.

DERAL - Departamento de Economia Rural. **Secretaria da Agricultura e do Abastecimento (Seab)**. Disponível em: <<http://www.agricultura.pr.gov.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=74>>. Acesso em: 17 set. 2016.

DEVRIES, J. W.; PROSKY, L.; LI, B.; CHO, S. A historical perspective on defining dietary fiber. **Cereal Foods World**, v. 44, p. 367-369, 1999.

DI-MEDEIROS, M. C. B.; PASCOAL, A. M.; BATISTA, K. A.; BASSINELLO, P. Z.; LIÃO, L. M.; LELES, M. I. G.; FERNANDES, K. F. Rheological and biochemical properties of *Solanum lycocarpum* starch. **Carbohydrate Polymers**, v. 104, p. 66-72, 2014.

DUTCOSKY, S. D. **Análise Sensorial de Alimentos**. 4. ed. Curitiba: Champagnat, 2013. 531 p.

DZIADEK, K.; KOPEĆ, A.; PASTUCHA, E.; PIĄTKOWSKA, E.; LESZCZYŃSKA, T.; PISULEWSKA, E.; WITKOWICZ, R.; FRANCIK, R. Basic chemical composition and bioactive compounds content in selected cultivars of buckwheat whole seeds, dehulled seeds and hulls. **Journal of Cereal Science**, v. 69, p. 1-8, 2016.

ELGETI, D.; JEKLE, M.; BECKER, T. Strategies for the aeration of gluten-free bread—A review. **Trends in Food Science & Technology**, v. 46, n. 1, p. 75-84, 2015.

ELIASSON, A.-C (Ed.). **Starch in Food: Structure, Function and Applications**. England: Woodhead Publishing Limited, 2004. 624 p.

FAN, X.; ZHANG, S.; LIN, L.; ZHAO, L.; LIU, A.; WEI, C. Properties of new starches from tubers of *Arisaema elephas*, *yunnanense* and *erubescens*. **Food Hydrocolloids**, v. 61, p. 183-190, 2016.

FAO/WHO (Food and Agriculture Organization and World Health Organization). **Protein and amino acid requirements in human nutrition: report of a joint FAO/WHO/UNU expert consultation**. WHO Technical Report series 935, Geneve, p. 150. 2007. Disponível em: <http://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/43411/WHO_TRS_935_eng.pdf>. Acesso em: 20 ago. 2018.

FAOSTAT. **Download data**. Disponível em: <<http://faostat3.fao.org/download/Q/QC/E>>. Acesso em: 15 de outubro de 2016.

FAROOQ, A. M.; LI, C.; CHEN, S.; FU, X.; ZHANG, B.; HUANG, Q. Particle size affects structural and in vitro digestion properties of cooked rice flours. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 118, p. 160–167, 2018.

FERREIRA, J.S.; PEREIRA, M.V.G.; ALMEIDA, R.D.; SANTOS, D. C.; ALENCAR, D.D. O.; LOPES, J.D. **Avaliação da textura instrumental e atividade de água de pães enriquecidos com farinha do albedo de maracujá amarelo e farinha da casca da jabuticaba durante armazenamento**. XXV Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia De Alimentos. Disponível em: <<http://www.ufrgs.br/sbctars-eventos/xxvcbcta/anais/files/1649.pdf>>. Acesso em: 13 de agosto de 2019.

FERREIRA NETO, C. J. FIGUEIRÊDO, R. M. F.; QUEIROZ, A. J. M. Avaliação sensorial e da atividade de água em farinhas de mandioca temperadas. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 29, n. 4, p. 795-802, 2005.

FIGUEIRA, F. S.; CRIZEL, T. D.; SILVA, C. R.; SALAS-MELLADO, M. M. Pão sem glúten enriquecido com a microalga *Spirulina platensis*. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 14, n. 4, p. 308-316, 2011.

FLETCHER, R. J. 2004. Pseudocereals, overview, In: WRIGLEY, G.; CORKE, H.; SEETHARAMAN, K.; FAUBION, J. **Encyclopedia of Grain Science**, v. 1, p. 274-493. Elsevier, Oxford.

FOSCHIA, M.; HORSTMANN, S.; ARENDT, E. K.; ZANNINI, E. Nutritional therapy–facing the gap between coeliac disease and gluten-free food. **International Journal of Food Microbiology**, v. 239, p. 113-124, 2016.

FRATELLI, C.; MUNIZ, D. G.; SANTOS, F. G.; CAPRILES, V. D. Modelling the effects of psyllium and water in gluten-free bread: An approach to improve the bread quality and glycemic response. **Journal of Functional Foods**, v. 42, p. 339-345, 2018.

GAO, J.; KREFT, I.; CHAO, G.; WANG, Y.; LIU, X.; WANG, L.; WANG, P.; GAO, X.; FENG, B. Tartary buckwheat (*Fagopyrum tataricum* Gaertn.) starch, a side product in functional food production, as a potential source of retrograded starch. **Food Chemistry**, v. 190, p. 552-558, 2016.

GAO, Y.; JANES, M. E.; CHAIYA, B.; BRENNAN, M. A.; BRENNAN, C. S.; PRINYAWIWATKUL, W. Gluten-free bakery and pasta products: prevalence and quality improvement. **International Journal of Food Science & Technology**, v. 53, n. 1, p. 19-32, 2018.

GERZHOVA, A.; MONDOR, M.; BENALI, M.; AIDER, M. Incorporation of canola proteins extracted by electroactivated solutions in gluten-free biscuit formulation of rice–buckwheat flour blend: assessment of quality characteristics and textural properties of the product. **International Journal of Food Science & Technology**, v. 51, n. 3, p. 814-827, 2016.

GIMÉNEZ-BASTIDA, J. A.; PISKUŁA, M.; ZIELIŃSKI, H. Recent advances in development of gluten-free buckwheat products. **Trends in Food Science & Technology**, v. 44, n. 1, p. 58-65, 2015.

GIMENEZ-BASTIDA, J. A.; ZIELINSKI, H. Buckwheat as a functional food and its effects on health. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 63, n. 36, p. 7896-7913, 2015.

GOMES, D. S.; CORDOBA, L. P.; ROSA, L. S.; SPIER, M. R.; SCHNITZLER, E.; WASZCZYNSKYJ, N. Thermal, pasting properties and morphological characterization of pea starch (*Pisum sativum* L.), rice starch (*Oryza sativa*) and arracacha starch (*Arracacia xanthorrhiza*) blends, established by simplex-centroid design. **Thermochimica Acta**, v. 662, p. 90-99, 2018.

GREGORI, M.; KREFT, I. Breakable starch granules in a low-amylose buckwheat (*Fagopyrum esculentum* Moench) mutant. **Journal of Food, Agriculture & Environment**, v. 10, n. 2, p. 258-262, 2012.

GUÀRDIA, M. D.; AGUIAR, A. P. S.; CLARET, A.; ARNAU, J.; GUERRERO, L. DOLORS. Sensory characterization of dry-cured ham using free-choice profiling. **Food Quality and Preference**, v. 21, n. 1, p. 148-155, 2010.

GUARIENTI, E. M. **Qualidade industrial de trigo**. 2 ed. Passo Fundo: EMBRAPA-CNPT, 1996.

GUERRERO, L.; COLOMER, Y.; GUÀRDIA, M. D.; XICOLA, J.; CLOTET, R. Consumer attitude towards store brands. **Food Quality and Preference**, v. 11, n. 6, p. 387-395, 2000.

GUIGO, N.; SBIRRAZZUOLI, N. Chapter 10 - Thermal Analysis of Biobased Polymers and Composites. In: VYAZOVKIN, S.; KOGA, N.; SCHICK, C. **Handbook of Thermal Analysis and Calorimetry: Recent Advances, Techniques and Applications**. 2. ed. USA: Elsevier Science, 2018. p. 399-429.

GUJRAL, H. S.; ROSELL, C. M. Functionality of rice flour modified with a microbial transglutaminase. **Journal of Cereal Science**, v. 39, n. 2, p. 225-230, 2004.

GULPINAR, A. R.; ORHAN, I. E.; KAN, A.; SENOL, F. S.; CELIK, S. A.; KARTAL, M. Estimation of in vitro neuroprotective properties and quantification of rutin and fatty acids in buckwheat (*Fagopyrum esculentum* Moench) cultivated in Turkey. **Food research international**, v. 46, n. 2, p. 536-543, 2012.

GUO, X. N.; YANG, S.; ZHU, K. X. Influences of alkali on the quality and protein polymerization of buckwheat Chinese steamed bread. **Food Chemistry**, v. 283, p. 52-58, 2019.

GUSMÃO, T. A. S.; ALEXANDRE, A. M.; SOUZA, N. G. G. D.; SASSI, K. K. B.; GUSMÃO, R. P. D.; MOREIRA, R. T. Partial replacement of sodium chloride by potassium chloride in the formulation of French bread: effect on the physical, physicochemical and sensory parameters. **Food Science and Technology**, v. 37, p. 55-62, 2017.

GUTKOSKI, L. C.; DURIGON, A.; MAZZUTTI, S.; TELO DA SILVA, A. C.; CARDOSO ELIAS, M. Efeito do período de maturação de grãos nas propriedades físicas e reológicas de trigo. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 28, n. 4, 2008.

HADNADEV, T. D.; TORBICA, A.; HADNADEV, M. Rheological properties of wheat flour substitutes/alternative crops assessed by Mixolab. **Procedia Food Science**, v. 1, p. 328-334, 2011.

HADNADEV, T. R.; D.; TORBICA, A. M.; HADNADEV, M. S. Influence of buckwheat flour and carboxymethyl cellulose on rheological behaviour and baking performance of gluten-free cookie dough. **Food and Bioprocess Technology**, v. 6, n. 7, p. 1770-1781, 2013.

HAN, A.; ROMERO, H. M.; NISHIJIMA, N.; ICHIMURA, T.; HANDA, A.; XU, C.; ZHANG, Y. Effect of egg white solids on the rheological properties and bread making performance of gluten-free batter. **Food Hydrocolloids**, v. 87, p. 287-296, 2019.

HATCHER, D. W.; YOU, S.; DEXTER, J. E.; CAMPBELL, C.; IZYDORCZYK, M. S. Evaluation of the performance of flours from cross-and self-pollinating Canadian common buckwheat (*Fagopyrum esculentum* Moench) cultivars in soba noodles. **Food Chemistry**, v. 107, n. 2, p. 722-731, 2008.

HEFFLER, E.; GUIDA, G.; BADIU, I.; NEBIOLO, F.; ROLLA, G. Anaphylaxis after eating Italian pizza containing buckwheat as the hidden food allergen. **Journal of Investigational Allergology and Clinical Immunology**, v. 17, n. 4, p. 261, 2007.

HEFFLER, E.; NEBIOLO, F.; ASERO, R.; GUIDA, G.; BADIU, I.; PIZZIMENTI, S.; MARCHESE, C.; AMATO, S.; MISTRELLO, G.; CANALETTI, F.; ROLLA, G. Clinical manifestations, co-sensitizations, and immunoblotting profiles of buckwheat-allergic patients. **Allergy**, v. 66, p. 264–270, 2011.

HEFFLER, E.; PIZZIMENTI, S.; BADIU, I.; GUIDA, G.; ROLLA, G. Buckwheat allergy: an emerging clinical problem in Europe. **Journal of Allergy & Therapy**, v. 5, n. 168, p. 2, 2014.

HERA, E.; MARTINEZ, M.; GÓMEZ, M. Influence of flour particle size on quality of gluten-free rice bread. **LWT-Food Science and Technology**, v. 54, n. 1, p. 199-206, 2013.

HOOVER, R. Composition, molecular structure, and physicochemical properties of tuber and root starches: a review. **Carbohydrate Polymers**, v. 45, n. 3, p. 253-267, 2001.

HOOVER, R. The impact of heat-moisture treatment on molecular structures and properties of starches isolated from different botanical sources. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 50, n. 9, p. 835-847, 2010.

HORNUNG, P. S.; OLIVEIRA, C. S.; LAZZAROTTO, M.; LAZZAROTTO, S. R. S.; SCHNITZLER, E. Investigation of the photo-oxidation of cassava starch granules: Thermal, rheological and structural behaviour. **Journal of Thermal Analysis and Calorimetry**, v. 123, n. 3, p. 2129-2137, 2016.

HUNG, P. V.; MORITA, N. Distribution of phenolic compounds in the graded flours milled from whole buckwheat grains and their antioxidant capacities. **Food Chemistry**, v. 109, n. 2, p. 325-331, 2008.

HUNG, P. V.; MAEDA, T.; MORITA, N. Buckwheat starch: structure and characteristics—a review. Buckwheat I. **The European Journal of Plant Science and Biotechnology**, v. 3, p. 23-28, 2009.

HUSSAIN, A.; KAUL, R.; BHAT, A. Development and Evaluation of Functional Biscuits from Under utilised Crops of Ladakh. **International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences**, v. 7, n. 3, p. 2241-2251, 2018.

INGLETT, G. E.; CHEN, D.; BERHOW, M.; LEE, S. Antioxidant activity of commercial buckwheat flours and their free and bound phenolic compositions. **Food Chemistry**, v. 125, n. 3, p. 923-929, 2011.

INKSON, B. J. (Ed.). 2 - Scanning electron microscopy (SEM) and transmission electron microscopy (TEM) for materials characterization. In: HÜBSCHEN, G.; ALTPETER, I.; TSCHUNCKY, R.; HERRMANN, H. G. **Materials Characterization**

Using Nondestructive Evaluation (NDE) Methods. United Kingdom: Woodhead Publishing, 2016. p. 17-43.

IONASHIRO M.; CAIRES F.J.; GOMES D.J. **GIOLITO: Fundamentos da termogravimetria e análise térmica diferencial/calorimetria exploratória diferencial.** Ed. 2. São Paulo: Giz, 2014.

IPARDES - Instituto Paranaense de Desenvolvimento Econômico e Social. **Regiões Geográficas (Lei Estadual 15.825/08)** - Paraná. Disponível em: <http://www.ipardes.gov.br/index.php?pg_conteudo=1&cod_conteudo=25>. Acesso em: 10 de dezembro de 2016.

ISHIDA, P. M. G.; STEEL, C. J. Physicochemical and sensory characteristics of pan bread samples available in the Brazilian market. **Food Science and Technology**, v. 34, n. 4, p. 746-754, 2014.

JENKINS, R. (Ed.). **X-ray Techniques: Overview.** In: MEYERS, R. A. **ENCYCLOPEDIA OF ANALYTICAL CHEMISTRY: Applications, Theory and Instrumentation.** Chichester: John Wiley & Sons Ltd, 2000. p. 13269-13288.

JIANG, H.; CAMPBELL, M.; WU, Y.; DU, S.; SRICHUWONG, S.; JANE, J. L. Dosage effect of high-amylose modifier gene (s) on the starch structure of maize amylose-extender mutant. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 63, n. 2, p. 433-439, 2015.

JIANG, P.; BURCZYNSKI, F.; CAMPBELL, C.; PIERCE, G.; AUSTRIA, J. A.; BRIGGS, C. J. Rutin and flavonoid contents in three buckwheat species *Fagopyrum esculentum*, *F. tataricum*, and *F. homotropicum* and their protective effects against lipid peroxidation. **Food Research International**, v. 40, n. 3, p. 356-364, 2007.

KADAN, R. S.; ROBINSON, M. G.; THIBODEAUX, D. P.; PEPPERMAN, A. B. Texture and other physicochemical properties of whole rice bread. **Journal of Food Science**, v. 66, n. 7, p. 940-944, 2001.

KATAR, D.; OLGUN, M.; TURAN, M. Analysis of morphological and biochemical characteristics of buckwheat (*Fagopyrum esculentum* Moench) in comparison with cereals. **CyTA - Journal of Food**, v. 14, n. 2, p. 176-185, 2016.

KAUR, M.; SANDHU, K. S.; ARORA, A.; SHARMA, A. Gluten free biscuits prepared from buckwheat flour by incorporation of various gums: physicochemical and sensory properties. **LWT-Food Science and Technology**, v. 62, n. 1, p. 628-632, 2015.

KAYASHITA, J.; SHIMAOKA, I.; NAKAJOH, M.; KATO, N. Feeding of buckwheat protein extract reduces hepatic triglyceride concentration, adipose tissue weight, and hepatic lipogenesis in rats. **The Journal of Nutritional Biochemistry**, v. 7, n. 10, p. 555-559, 1996.

KIM, S. J.; ZAIDUL, I. S. M.; SUZUKI, T.; MUKASA, Y.; HASHIMOTO, N.; TAKIGAWA, S.; NODA, T.; MATSUURA-ENDO, C.; YAMAUCHI, H. Comparison of

phenolic compositions between common and tartary buckwheat (*Fagopyrum*) sprouts. **Food Chemistry**, v. 110, n. 4, p. 814-820, 2008.

KIM, S.L.; KIM, S.K.; PARK, C.H. Introduction and nutritional evaluation of buckwheat sprouts as a new vegetable. **Food Research International**, v. 37, p. 319–327, 2004.

KOEGELENBERG, D.; CHIMPHANGO, A. F. A. Effects of wheat-bran arabinoxylan as partial flour replacer on bread properties. **Food Chemistry**, v. 221, p. 1606-1613, 2017.

KONKEL, F. E.; OLIVEIRA, S. M. R. D.; SIMÕES, D. R. S.; DEMIATE, I. M. Avaliação sensorial de doce de leite pastoso com diferentes concentrações de amido. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 24, n. 2, p. 249-254, 2004.

KRAITHONG, S.; LEE, S.; RAWDKUEN, S. Physicochemical and functional properties of Thai organic rice flour. **Journal of Cereal Science**, v. 79, p. 259-266, 2018.

KRUMINA-ZEMTURE, G.; BEITANE, I.; GRAMATINA, I. Amino acid and dietary fibre content of pea and buckwheat flours. **Research for Rural Development**, v. 1, 2016.

KUMAR, P.; PRAKASH, K. S.; JAN, K.; SWER, T. L.; JAN, S.; VERMA, R.; DEEPIKA, K.; DAR, M. Z.; VERMA, K.; BASHIR, K. Effects of gamma irradiation on starch granule structure and physicochemical properties of brown rice starch. **Journal of Cereal Science**, v. 77, p. 194-200, 2017.

LAHANOV, A. P.; MUZALEVSKAJA, R. S.; SHELEPINA, N. V.; GORKOVA, I. V. Biochemical characteristics of some species of genus *Fagopyrum* Mill. **Advances in Buckwheat Research Proceedings**, In: 9th International Symposium on Buckwheat, Prague. 2004. p. 604-611.

LASSOUED, N.; BABIN, P.; DELLA VALLE, G.; DEVAUX, M. F.; RÉGUERRE, A. L. Granulometry of bread crumb grain: Contributions of 2D and 3D image analysis at different scale. **Food Research International**, v. 40, n. 8, p. 1087-1097, 2007.

LÉDER, I. **Buckwheat, Amaranth and Other Pseudocereal Plants**. In: FULEKY, Gyorgy. CULTIVATED PLANTS, PRIMARILY AS FOOD SOURCES. United Kingdom: Eolss Publications, 2009. p. 84-92.

LEE, L. S.; CHOI, E. J.; KIM, C. H.; SUNG, J. M.; KIM, Y. B.; SEO, D. H.; CHOI, H. W.; CHOI, Y. S.; KUM, J. S.; PARK, J. D. Contribution of flavonoids to the antioxidant properties of common and tartary buckwheat. **Journal of Cereal Science**, v. 68, p. 181-186, 2016.

LI, J.; JIAO, A.; CHEN, S.; WU, Z.; XU, E.; JIN, Z. Application of the small-angle X-ray scattering technique for structural analysis studies: A review. **Journal of Molecular Structure**, v. 1165, p. 391-400, 2018.

LI, W.; CAO, F.; FAN, J.; OUYANG, S.; LUO, Q.; ZHENG, J.; ZHANG, G. Physically modified common buckwheat starch and their physicochemical and structural properties. **Food Hydrocolloids**, v. 40, p. 237-244, 2014.

LI, W.; LIN, R.; CORKE, H. Physicochemical properties of common and tartary buckwheat starch. **Cereal Chemistry**, v. 74, n. 1, p. 79-82, 1997.

LIAN, X.; WANG, C.; ZHANG, K.; LI, L. The retrogradation properties of glutinous rice and buckwheat starches as observed with FT-IR, ^{13}C NMR and DSC. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 64, p. 288-293, 2014.

LIMA, B. N.; CABRAL, T. B.; NETO, R. P.; TAVARES, M. I. B.; PIERUCCI, A. P. T. Estudo do amido de farinhas comerciais comestíveis. **Polímeros**, v. 22, n. 5, p. 486-490, 2012.

LIU, H.; GUO, X.; LI, W.; WANG, X.; PENG, Q.; WANG, M. Changes in physicochemical properties and in vitro digestibility of common buckwheat starch by heat-moisture treatment and annealing. **Carbohydrate Polymers**, v. 132, p. 237-244, 2015a.

LIU, H.; LV, M.; PENG, Q.; SHAN, F.; WANG, M. Physicochemical and textural properties of tartary buckwheat starch after heat-moisture treatment at different moisture levels. **Starch - Stärke**, v. 67, n. 3-4, p. 276-284, 2015b.

LIU, H.; WANG, L.; CAO, R.; FAN, H.; WANG, M. In vitro digestibility and changes in physicochemical and structural properties of common buckwheat starch affected by high hydrostatic pressure. **Carbohydrate Polymers**, v. 144, p. 1-8, 2016.

LIU, X.; LU, K.; YU, J.; COPELAND, L.; WANG, S.; WANG, S. Effect of purple yam flour substitution for wheat flour on in vitro starch digestibility of wheat bread. **Food Chemistry**, v. 284, p. 118-124, 2019.

LOPÉZ, A. C. B.; PEREIRA, A. J. G.; JUNQUEIRA, R. G. Flour mixture of rice flour, corn and cassava starch in the production of gluten-free white bread. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v. 47, n. 1, p. 63-70, 2004.

LUCAS, E. F.; SOARES, B. G.; MONTEIRO, E. E. C. **Caracterização de polímeros: Determinação de Peso Molecular e Análise Térmica**. Rio de Janeiro: e-papers, 2001.

MA, S.; LI, L.; WANG, X. X.; ZHENG, X. L.; BIAN, K.; BAO, Q. D. Effect of mechanically damaged starch from wheat flour on the quality of frozen dough and steamed bread. **Food Chemistry**, v. 202, p. 120-124, 2016.

MACFIE, H.J.H.; BRATCHELL, N.; GREENHOFF, K.; VALLIS, L. V. Designs to balance the effect of order of presentation and first-order carry-over effects in hall tests. **Journal of Sensory Studies**, v. 4, p. 129-148, 1989.

MALIK, M. A.; SAXENA, D. C. Effect on Physicochemical and Thermal Properties of Buckwheat (*Fagopyrum esculentum*) Starch by Acid Hydrolysis Combined with Heat

Moisture Treatment. **Journal of Food Processing and Preservation**, v. 40, n. 6, p. 1352-1363, 2016.

MALUCELLI, L. C.; LACERDA, L. G.; CARVALHO FILHO, M. A. S.; FERNÁNDEZ, D. E. R.; DEMIATE, I. M.; OLIVEIRA, C. S.; SCHNITZLER, E. Porous waxy maize starch: Thermal, structural and viscographic properties of modified granules obtained by enzyme treatment. **Journal of Thermal Analysis and Calorimetry**, v. 120, n. 1, p. 525-532, 2015.

MARAGHECHI, S.; HOEFNAGELS, J. P.; PEERLINGS, R. H.; GEERS, M. G. Correction of scan line shift artifacts in scanning electron microscopy: An extended digital image correlation framework. **Ultramicroscopy**, v. 187, p. 144-163, 2018.

MARIOTTI, M.; PAGANI, M. A.; LUCISANO, M. The role of buckwheat and HPMC on the breadmaking properties of some commercial gluten-free bread mixtures. **Food Hydrocolloids**, v. 30, n. 1, p. 393-400, 2013.

MARTÍNEZ, M. M.; GÓMEZ, M. Rheological and microstructural evolution of the most common gluten-free flours and starches during bread fermentation and baking. **Journal of Food Engineering**, v. 197, p. 78-86, 2017.

MARTINS, J. N.; OLIVEIRA, E. N. A.; SANTOS, D. D. C. Study of absorption of water in mixtures of wheat flours of different commercial brands. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 7, n. 4, 2012.

MASURE, H. G.; FIERENS, E.; DELCOUR, J. A. Current and forward looking experimental approaches in gluten-free bread making research. **Journal of Cereal Science**, v. 67, p. 92-111, 2016.

MATIGNON, A.; TECANTE, A. Starch retrogradation: From starch components to cereal products. **Food Hydrocolloids**, v. 68, p. 43-52, 2017.

MATOS, M. E.; ROSELL, C. M. Quality indicators of rice-based gluten-free bread-like products: relationships between dough rheology and quality characteristics. **Food and Bioprocess Technology**, v. 6, n. 9, p. 2331-2341, 2012.

MATSUO, H.; YOKOOJI, T.; TAOGOSHI, T. Common food allergens and their IgE-binding epitopes. **Allergology International**, v. 64, n. 4, p. 332-343, 2015.

MEILGAARD, M.; CIVILLE, G. V.; CARR, B. T. **Sensory evaluation techniques**. 4 ed. New York: CRC Press, 2006. 447 p.

MEO, B.; FREEMAN, G.; MARCONI, O.; BOOER, C.; PERRETTI, G.; FANTOZZI, P. Behaviour of Malted Cereals and Pseudo-Cereals for Gluten-Free Beer Production. **Journal of the Institute of Brewing**, v. 117, n. 4, p. 541-546, 2011.

MESQUITA, B. P.; SERAVALLI, E. A. G. **Desenvolvimento de pão de forma livre de glúten**. Anais do 15º Congresso Nacional de Iniciação Científica. Disponível em: < <http://conic-semesp.org.br/anais/files/2015/trabalho-1000019936.pdf> >. Acesso em 08 de julho de 2019.

MICHALOVÁ, A. Review of minor cereals and pseudo-cereals in Europe. In: MAGGIONI, L.; SPEELMAN, O. **Report of a Network Coordinating Group on Cereals**. Poland: Bioversity International, 2001. p. 41-42.

MIÑARRO, B.; ALBANELL, E.; AGUILAR, N.; GUAMIS, B.; CAPELLAS, M. Effect of legume flours on baking characteristics of gluten-free bread. **Journal of Cereal Science**, v. 56, n. 2, p. 476-481, 2012.

MIRANDA, J.; LASA, A.; BUSTAMANTE, M. A.; CHURRUCA, I.; SIMON, E. Nutritional differences between a gluten-free diet and a diet containing equivalent products with gluten. **Plant foods for human nutrition**, v. 69, n. 2, p. 182-187, 2014.

MOHAMMADI, M.; AZIZI, M. H.; NEYESTANI, T. R.; HOSSEINI, H.; MORTAZAVIAN, A. M. Development of gluten-free bread using guar gum and transglutaminase. **Journal of Industrial and Engineering Chemistry**, v. 21, p. 1398-1402, 2015.

MONDAL, A.; DATTA, A. K. Bread baking - a review. **Journal of Food Engineering**, v. 86, n. 4, p. 465-474, 2008.

MONTGOMERY, D. C. **Design and analysis of experiments**. 8. ed. New York: John Wiley & Sons, 2013. 757 p.

MONTHÉ, O. C.; GROSMIRE, L.; NGUIMBOU, R. M.; DAHDOUN, L.; RICCI, J.; TRAN, T.; NDJOUENKEU, R. Rheological and textural properties of gluten-free doughs and breads based on fermented cassava, sweet potato and sorghum mixed flours. **LWT- Food Science and Technology**, v. 101, p. 575-582, 2019.

MOREIRA, G. F.; PEÇANHA, E. R.; MONTE, M. B. M.; LEAL FILHO, L. S.; STAVALE, F. **Estudo do mecanismo de interação amido-hematita por espectroscopia de refletância difusa no infravermelho**. In: XXVII Encontro Nacional de Tratamento de Minérios e Metalurgia Extrativa, Belém-PA, p. 1-8, 2017.

MORITA, H. **Experiment 16 – Differential Thermal Analysis**. In: LEACH, S. J. *Physical Principles and Techniques of Protein Chemistry*. New York: Academic Press, 1970. p. 437-462.

MORONI, A. V.; DAL BELLO, F.; ARENDT, E. K. Sourdough in gluten-free bread-making: an ancient technology to solve a novel issue?. **Food Microbiology**, v. 26, n. 7, p. 676-684, 2009.

MOSKOWITZ, H. R. **Product Testing and Sensory Evaluation of Foods – Marketing and R&D Approaches**. Westport: Food and Nutrition Press, 1983. 605p.

MOTA, C.; SANTOS, M.; MAURO, R.; SAMMAN, N.; MATOS, A. S.; TORRES, D.; CASTANHEIRA, I. Protein content and amino acids profile of pseudocereals. **Food Chemistry**, v. 193, p. 55-61, 2016.

MUDGIL, D.; BARAK, S.; KHATKAR, B. S. Optimization of bread firmness, specific loaf volume and sensory acceptability of bread with soluble fiber and different water levels. **Journal of Cereal Science**, v. 70, p. 186-191, 2016.

MUGGAH, E. M.; DUIZER, L. M.; MCSWEENEY, M. B. A comparison of sensory properties of artisanal style and industrially processed gluten free breads. **International Journal of Gastronomy and Food Science**, v. 3, p. 38-46, 2016.

NABESHIMA, E. H.; EL-DASH, A. A. Modificação química da farinha de arroz como alternativa para o aproveitamento dos subprodutos do beneficiamento de arroz. **Boletim CEPPA**, v. 22, p. 107-120, 2004.

NAQASH, F.; GANI, A.; GANI, A.; MASOODI, F. A. Gluten-free baking: Combating the challenges-A review. **Trends in Food Science & Technology**, v. 66, p. 98-107, 2017.

NEETHIRAJAN, S.; TSUKAMOTO, K.; KANAHARA, H.; SUGIYAMA, S. Ultrastructural analysis of buckwheat starch components using atomic force microscopy. **Journal of Food Science**, v. 77, n. 1, p. N2-N7, 2012.

NESPOLO, C. R.; OLIVEIRA, F. A.; PINTO, F. S. T; OLIVEIRA, F. C. **PRÁTICAS EM TECNOLOGIA DE ALIMENTOS**. Porto Alegre: Artmed, 2015. 205 p.

NORDLEE, J. A.; PANDA, R.; BAUMERT, J. L.; GOODMAN, R. E.; TAYLOR, S. L. Wild Buckwheat Is Unlikely to Pose a Risk to Buckwheat-Allergic Individuals. **Journal of Food Science**, v. 76, n. 8, p. T189-T191, 2011.

OLIVEIRA, A. P. V.; TOLEDO, M. B. Avaliação sensorial de pudins de chocolate com açúcar e dietéticos por perfil livre. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 34, n. 1, p. 146-154, 2010.

ORIVES, J. R.; GALVAN, D.; COPPO, R. L.; RODRIGUES, C. H. F.; ANGILELLI, K. G.; BORSATO, D. Multiresponse optimisation on biodiesel obtained through a ternary mixture of vegetable oil and animal fat: Simplex-centroid mixture design application. **Energy Conversion and Management**, v. 79, p. 398-404, 2014.

PALABIYIK, I.; YILDIZ, O.; TOKER, O. S.; CAVUS, M.; CEYLAN, M. M.; YURT, B. Investigating the addition of enzymes in gluten-free flours—The effect on pasting and textural properties. **LWT-Food Science and Technology**, v. 69, p. 633-641, 2016.

PANDEY, S.; SENTHIL, A.; FATEMA, K. Effect of hydrothermal treatment on the nutritional and functional properties of husked and dehusked buckwheat. **Journal of Food Processing and Technology**, v. 6, n. 7, 2015.

PAPASIDERO, D.; MANENTI, F.; PIERUCCI, S. Bread baking modeling: Coupling heat transfer and weight loss by the introduction of an explicit vaporization term. **Journal of Food Engineering**, v. 147, p. 79-88, 2015.

PARK, D. H.; YANG, J. H.; VINU, A.; ELZATAHRY, A.; CHOY, J. H. X-ray diffraction and X-ray absorption spectroscopic analyses for intercalative nanohybrids with low crystallinity. **Arabian Journal of Chemistry**, v. 9, n. 2, p. 190-205, 2016.

PASCOAL, A. M. **EXTRAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DO AMIDO DE LOBEIRA (*Solanum lycocarpum*)**. 2014. 69 f. Tese (Doutorado) - Curso de Pós-graduação em Biologia, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2014.

PÉREZ, S.; BERTOFT, E. The molecular structures of starch components and their contribution to the architecture of starch granules: A comprehensive review. **Starch - Stärke**, v. 62, n. 8, p. 389-420, 2010.

PERTEN. **Rapid Visco Analyser**. Disponível em: <https://www.perten.com/Global/Brochures/RVA/RVA%20Method%20Brochure_20151110.pdf>. Acesso em: 03 de março de 2019.

PHIMOLSIRIPOL, Y.; SIRIPATRAWAN, U.; CLELAND, D. J. Perda de peso de massa de pão congelada sob condições isotérmicas e flutuantes de armazenamento de temperatura. **Journal of Food Engineering**, v. 106, n.2, p. 134-143, 2011.

PHONGTHAI, S.; D'AMICO, S.; SCHOENLECHNER, R.; HOMTHAWORNCHOO, W.; RAWDKUEN, S. Effects of protein enrichment on the properties of rice flour based gluten-free pasta. **LWT - Food Science and Technology**, v. 80, p. 378-385, 2017.

PHONGTHAI, S.; D'AMICO, S.; SCHOENLECHNER, R.; RAWDKUEN, S. Comparative study of rice bran protein concentrate and egg albumin on gluten-free bread properties. **Journal of Cereal Science**, v. 72, p. 38-45, 2016.

PICO, J.; BERNAL, J.; GÓMEZ, M. Wheat bread aroma compounds in crumb and crust: A review. **Food Research International**, v. 75, p. 200-215, 2015.

POP, A.; COZMUTA, A. M. Technological aspects related to obtaining of gluten-free bread. **Carpathian Journal of Food Science and Technology**, v. 1, p. 7-16, 2009.

PREISS, J. Plant starch synthesis. In: ELIASSON, A.C. **Starch in Food: Structure, Function and Applications**. England And USA: Woodhead Publishing Limited And CRC Press, 2004. p. 3-56.

PUMACAHUA-RAMOS, A.; DEMIATE, I. M.; SCHNITZLER, E.; BEDIN, A. C.; TELIS-ROMERO, J.; LOPES-FILHO, J. F. Morphological, thermal and physicochemical characteristics of small granules starch from *Mirabilis jalapa* L. **Thermochimica Acta**, v. 602, p. 1-7, 2015.

PURLIS, E. Browning development in bakery products - A review. **Journal of Food Engineering**, v. 99, n. 3, p. 239-249, 2010.

PURLIS, E.; SALVADORI, V. O. Bread baking as a moving boundary problem. Part 1: Mathematical modelling. **Journal of Food Engineering**, v. 91, n. 3, p. 428-433, 2009.

QIAN, J.; RAYAS-DUARTE, P.; GRANT, L. Partial characterization of buckwheat (*Fagopyrum esculentum*) starch. **Cereal Chemistry**, v. 75, n. 3, p. 365-373, 1998.

QIN, P.; WANG, Q.; SHAN, F.; HOU, Z.; REN, G. Nutritional composition and flavonoids content of flour from different buckwheat cultivars. **International Journal of Food Science & Technology**, v. 45, n. 5, p. 951-958, 2010.

QUETTIER-DELEU, C.; GRESSION, B.; VASSEUR, J.; DINE, T.; BRUNET, C.; LUYCKX, M.; CAZIN, M.; CAZIN, J. C.; BAILLEUL, F.; TROTIN, F. Phenolic compounds and antioxidant activities of buckwheat (*Fagopyrum esculentum* Moench) hulls and flour. **Journal of Ethnopharmacology**, v. 72, n. 1-2, p. 35-42, 2000.

RAKSZEGI, M.; KISGYÖRGY, B. N.; KISS, T.; SESTILI, F.; LÁNG, L.; LAFIANDRA, D.; BEDŐ, Z. Development and characterization of high-amylose wheat lines. **Starch - Stärke**, v. 67, n. 3-4, p. 247-254, 2015.

RAMACHANDRAN, V. S.; PAROLI, R. M.; BEAUDOIN, J. J.; DELGADO, A. H. **Handbook of Thermal Analysis of Construction Materials**. New York: Noyes Publications / William Andrew Publishing, 2002.

RATNAYAKE, W. S.; JACKSON, D. S. Starch gelatinization. **Advances In Food And Nutrition Research**, v. 55, p. 221-268, 2008.

RE, R.; PELLEGRINI, N.; PROTEGENTE, A.; PANNALA, A.; YANG, M.; RICE-EVANS, C. Antioxidant activity applying an improved ABST radical cation decolorization assay. **Free Radical Biology and Medicine**, v. 26, p. 1231-1237, 1999.

REDDY, C. K.; VIDYA, P. V.; HARIPRIYA, S. Effect of chemical modification on molecular structure and functional properties of *Musa* AAB starch. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 81, p. 1039-1045, 2015.

RINALDI, M.; PACIULLI, M.; CALIGIANI, A.; SCAZZINA, F.; CHIAVARO, E. Sourdough fermentation and chestnut flour in gluten-free bread: A shelf-life evaluation. **Food Chemistry**, v. 224, p. 144-152, 2017.

ROCHA, T. S.; DEMIATE, I. M.; FRANCO, C. M. L. Características estruturais e físico-químicas de amidos de mandioca-salsa (*Arracacia xanthorrhiza*). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 28, n. 3, p. 620-628, 2008.

RODRIGUES, C. M.; OLIVEIRA, V. R. Utilização de farinha de trigo sarraceno em associação com farinha de arroz e soja na elaboração de minipizzas. **Alimentos e Nutrição Araraquara**, v. 21, n. 1, p. 21-24, 2010.

RODRIGUEZ, I. F.; PÉREZ, M. J.; CATTANEO, F.; ZAMPINI, I. C.; CUELLO, A. S.; MERCADO, M. I.; PONESSA, G.; ISLA, M. I. Morphological, histological, chemical and functional characterization of *Prosopis alba* flours of different particle sizes. **Food Chemistry**, v. 274, p. 583-591, 2019.

SABANIS, D.; TZIA, C. Effect of hydrocolloids on selected properties of gluten-free dough and bread. **Food Science and Technology International**, v. 17, n. 4, p. 279-291, 2011.

SAJILATA, M. G.; SINGHAL, R. S.; KULKARNI, P. R. Resistant starch—a review. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, v. 5, n. 1, p. 1-17, 2006.

SAMMUT, D.; DENNISON, P.; VENTER, C.; KURUKULAARATCHY, R. J. Buckwheat allergy: a potential problem in 21st century Britain. **BMJ Case Reports**, v. 2011, 2011.

SANDLE, N. K.; VERMA, O. P. S.; VARMA, I. K. Thermal characterization of starch-g-acrylonitrile copolymers. **Thermochimica Acta**, v. 115, p. 189-198, 1987.

SANTOS, J. C.; SILVA, G. F.; SANTOS, J. A.; OLIVEIRA JÚNIOR, A. M. Processamento e avaliação da estabilidade da farinha de banana verde. **Exacta**, v. 8, n. 2, 2010.

SCANLON, M. G.; ZGHAL, M. C. Bread properties and crumb structure. **Food Research International**, v. 34, n. 10, p. 841-864, 2001.

SCHEUER, P. M.; FRANCISCO, A. D.; MIRANDA, M. D.; LIMBERGER, V. M. Trigo: Características e utilização na panificação. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v. 13, n. 2, p. 211-222, 2011.

SCHOENLECHNER, R.; JURACKOVA, K.; BERGHOFER, E. Pasta production from the pseudocereals amaranth, quinoa and buckwheat. In: CAUVAIN, S.P.; YOUNG, L. S.; SALMON, S. **Using cereal science and technology for the benefit of consumers**. United Kingdom: Elsevier, 2005. p. 74-81.

SCHOENLECHNER, R.; SIEBENHANDL, S.; BERGHOFER, E. Pseudocereals. In: ARENDT, E. K.; BELLO, F. **Gluten-Free Cereal Products and Beverages**. London: Academic Press, 2008. p. 149-174.

SCIARINI, L. S.; RIBOTTA, P. D.; LEÓN, A. E.; PÉREZ, G. T. Influence of gluten-free flours and their mixtures on batter properties and bread quality. **Food and Bioprocess Technology**, v. 3, n. 4, p. 577-585, 2010.

SEDEJ, I.; SAKAČ, M.; MANDIĆ, A.; MIŠAN, A.; TUMBAS, V.; ČANADANOVIĆ-BRUNET, J. Buckwheat (*Fagopyrum esculentum* Moench) grain and fractions: antioxidant compounds and activities. **Journal of Food Science**, v. 77, n. 9, p. C954-C959, 2012.

SEHN, G. A. R.; SASAKI, N. S.; STEEL, C. J. **Estudo das características físico-químicas de pães de forma com farelo de trigo do mercado brasileiro**. Anais do Simpósio Latino Americano de Ciências de Alimentos, v. 1, 2013. Disponível em: <<https://proceedings.science/slaca/slaca-2013/trabalhos/estudo-das-caracteristicas-fisico-quimicas-de-paes-de-forma-com-farelo-de-trigo-do-mercado?lang=pt-br>>. Acesso em: 13 de agosto de 2019.

SILOW, C.; AXEL, C.; ZANNINI, E.; ARENDT, E. K. Current status of salt reduction in bread and bakery products—A review. **Journal of Cereal Science**, v. 72, p. 135-145, 2016.

SILVA CÉSAR, A.; GOMES, J. C.; STALIANO, C. D.; FANNI, M. L.; CHAVES, M. Elaboração de pão sem glúten. **Revista Ceres**, v. 53, n. 306, p. 150, 2006.

SILVA, D. B.; GUERRA, A.; SILVA, A. C.; PÓVOA, J. **Avaliação de genótipos de sarraceno na região do cerrado**. Brasília: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 2002.

SILVA, N.; JUNQUEIRA, V. C. A.; SILVEIRA, N. F. A. **Manual de métodos de análises microbiológicas de alimentos**. São Paulo: Varela, 1997

SILVA, R. F.; ASCHERI, J. L. R.; PEREIRA, R. G. F. A. Composição centesimal e perfil de aminoácidos de arroz e pó de café. **Alimentos e Nutrição Araraquara**, v. 18, n. 3, p. 325-330, 2007.

SILVA, R. G.; CORDOBA, L. P.; RIBEIRO L. S.; BET C. D.; SCHNITZLER E. Thermal, rheological and structural analysis of modified green banana starch with hydrochloric acid. **Brazilian Journal of Thermal Analysis**, v. 4, n. 3, p. 26–31, 2015.

SINGH, N.; SINGH, J.; KAUR, L.; SODHI, N. S.; GILL, B. S. Morphological, thermal and rheological properties of starches from different botanical sources. **Food Chemistry**, v. 81, n. 2, p. 219-231, 2003.

SINGLETON, V. L.; ORTHOFER, R.; LAMUELA-RAVENTOS, R. M. [14] Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of folin-ciocalteu reagent. **Methods in Enzymology**, v. 299, p. 152-178, 1999.

SIVAM, A. S.; SUN-WATERHOUSE, D.; QUEK, S.; PERERA, C. O. Properties of bread dough with added fiber polysaccharides and phenolic antioxidants: a review. **Journal of Food Science**, v. 75, n. 8, 2010.

SMITH, B. M.; BEAN, S. R.; HERALD, T. J.; ARAMOUNI, F. M. Effect of HPMC on the Quality of Wheat-Free Bread Made from Carob Germ Flour-Starch Mixtures. **Journal of Food Science**, v. 77, p. C684–C689, 2012.

STEADMAN, K. J.; BURGOON, M. S.; LEWIS, B. A.; EDWARDSON, S. E.; OBENDORF, R. L. Buckwheat seed milling fractions: description, macronutrient composition and dietary fibre. **Journal of Cereal Science**, v. 33, n. 3, p. 271-278, 2001.

STEMPIŃSKA K.; SORAL-ŚMIETANA M. Składniki chemiczne i ocena fizykochemiczna ziarniaków gryki—porównanie trzech polskich odmian. **Żywność Nauka Technologia Jakość**, v. 13, n. 2/47, p. 348-357, 2006.

STOKIC, E.; MANDIC, A.; SAKAC, M.; MISAN, A.; PESTORIC, M.; SIMURINA, O.; JAMBREC, D.; JOVANOVIĆ, P.; NEDELJKOVIĆ, N.; MILOVANOVIĆ, I.; SEDEJ, I.

Quality of buckwheat-enriched wheat bread and its antihyperlipidemic effect in statin treated patients. **LWT - Food Science and Technology**, v. 63, p. 556-561, 2015.

STONE, H. S.; SIDEL, J. L. **Sensory evaluation practices**. San Diego: Academic Press, 1993. 308p.

STORCK, C. R.; ROSA ZAVAREZE, E.; GULARTE, M. A.; ELIAS, M. C.; ROSELL, C. M.; GUERRA DIAS, A. R. Protein enrichment and its effects on gluten-free bread characteristics. **LWT - Food Science and Technology**, v. 53, p. 346–354, 2013.

ŚWIECA, M.; REGUŁA, J.; SULIBURSKA, J.; ZŁOTEK, U.; GAWLIK-DZIKI, U. Effects of gluten-free breads, with varying functional supplements, on the biochemical parameters and antioxidant status of rat serum. **Food Chemistry**, v. 182, p. 268-274, 2015.

SYTAR, O.; BRESTIC, M.; ZIVCAK, M.; PHAN TRAN, L. S. The contribution of buckwheat genetic resources to health and dietary diversity. **Current genomics**, v. 17, n. 3, p. 193-206, 2016.

SYTAR, O.; CHRENKOVÁ, M.; FERENCOVÁ, J.; POLAČIKOVÁ, M.; RAJSKÝ, M.; BRESTIČ, M. Nutrient capacity of amino acids from buckwheat seeds and sprouts. **Journal of Food & Nutrition Research**, v. 57, n. 1, p. 38-47, 2018.

SZCZESNIAK, A. S. Classification of Textural Characteristics. **Journal of Food Science**, v. 28, n. 4, p. 385–389, 1963.

TAKAHAMA, U.; HIROTA, S. Fatty acids, epicatechin-dimethylgallate, and rutin interact with buckwheat starch inhibiting its digestion by amylase: implications for the decrease in glycemic index by buckwheat flour. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 58, n. 23, p. 12431-12439, 2010.

TAYLOR, S. L.; HEFLE, S. L. Food Allergies and Intolerances. In: SHILS, M. E.; SHIKE, M.; ROSS, A. C.; CABALLERO, B.; COUSINS, R. J. **Modern nutrition in health and disease**. 10. ed. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins, 2006.

TEIXEIRA, G. L.; ÁVILA, S.; HORNUNG, P. S.; BARBI, R. C. T.; RIBANI, R. H. Sapucaia nut (*Lecythis pisonis* Cambess.) flour as a new industrial ingredient: Physicochemical, thermal, and functional properties. **Food Research International**, v. 109, p. 572-582, 2018.

TOMOTAKE, H.; YAMAMOTO, N.; KITABAYASHI, H.; KAWAKAMI, A.; KAYASHITA, J.; OHINATA, H.; KARASAWA, H.; KATO, N. Preparation of Tartary Buckwheat Protein Product and Its Improving Effect on Cholesterol Metabolism in Rats and Mice Fed Cholesterol-Enriched Diet. **Journal of Food Science**, v. 72, n. 7, p. S528-S533, 2007.

TONG, L. T.; GAO, X.; LIN, L.; LIU, Y.; ZHONG, K.; LIU, L.; ZHOU, X.; WANG, L.; ZHOU, S. Effects of semidry flour milling on the quality attributes of rice flour and rice noodles in China. **Journal of Cereal Science**, v. 62, p. 45-49, 2015.

TORBICA, A.; HADNADEV, M.; DAPČEVIĆ, T. Rheological, textural and sensory properties of gluten-free bread formulations based on rice and buckwheat flour. **Food Hydrocolloids**, v. 24, p. 626–632, 2010.

TORBICA, A.; HADNADEV, M.; HADNADEV, T. D. Rice and buckwheat flour characterisation and its relation to cookie quality. **Food Research International**, v. 48, n. 1, p. 277-283, 2012.

TURKUT, G. M.; ÇAKMAK, H.; KUMCUOĞLU, S.; TAVMAN, S. Effect of quinoa flour on gluten-free bread batter rheology and bread quality. **Journal of Cereal Science**, v. 69, p. 174-181, 2016.

UNAL, H.; IZLI, G.; IZLI, N.; ASIK, B. B. Comparison of some physical and chemical characteristics of buckwheat (*Fagopyrum esculentum* Moench) grains. **CYTA – Journal of Food**, v. 15, n. 2, p. 257-265, 2017.

USEFUL TROPICAL PLANTS. **Fagopyrum esculentum**. Disponível em: <<http://tropical.theferns.info/image.php?id=Fagopyrum+esculentum>>. Acesso em: 26 set. 2017.

VAN KEMPEN, T.; BODIN, J. C. Near-infrared reflectance spectroscopy (NIRS) appears to be superior to nitrogen-based regression as a rapid tool in predicting the poultry digestible amino acid content of commonly used feedstuffs. **Animal Feed Science and Technology**, v. 76, n. 1, p. 139-147, 1998.

VANDEPUTTE, G. E.; DELCOUR, J. A. From sucrose to starch granule to starch physical behaviour: a focus on rice starch. **Carbohydrate Polymers**, v. 58, n. 3, p. 245-266, 2004.

VAUGHAN, J. G.; GEISSLER, C. A. **The new oxford book of food plants**. Oxford University Press, New York, 2009.

VERARDO, V.; GLICERINA, V.; COCCI, E.; FRENICH, A. G.; ROMANI, S.; CABONI, M. F. Determination of free and bound phenolic compounds and their antioxidant activity in buckwheat bread loaf, crust and crumb. **LWT-Food Science and Technology**, v. 87, p. 217-224, 2018.

VERRUMA-BERNARDI, M. R.; DAMÁSIO, M. H. Análise Descritiva de Perfil Livre em queijo mozzarella de leite de búfala. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 24, n. 4, p. 536-542, 2004.

VILLANUEVA, M.; HARASYM, J.; MUÑOZ, J. M.; RONDA, F. Microwave absorption capacity of rice flour. Impact of the radiation on rice flour microstructure, thermal and viscometric properties. **Journal of Food Engineering**, v. 224, p. 156-164, 2018.

VIT, P.; Pedro, S. R.; Vergara, C.; Deliza, R. Ecuadorian honey types described by Kichwa community in Rio Chico, Pastaza province, Ecuador using Free-Choice Profiling. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v. 27, n. 3, p. 384-387, 2017.

WALTER, E. H. M.; FONTES, L. C. B.; OSAWA, C. C.; STEEL, C. J.; CHANG, Y. K. A influência de coberturas comestíveis na aceitação sensorial e intenção de compra de bolos de chocolate. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 30, n. 2, 2010.

WALTER, M.; MARCHEZAN, E.; AVILA, L. A. Arroz: composição e características nutricionais. **Ciência Rural**, v. 38, n. 4, 2008.

WANG, R.; LI, M.; CHEN, S.; HUI, Y.; TANG, A.; WEI, Y. Effects of flour dynamic viscosity on the quality properties of buckwheat noodles. **Carbohydrate Polymers**, v. 207, p. 815-823, 2019.

WANG, X.; PEI, D.; TENG, Y.; LIANG, J. Effects of enzymes to improve sensory quality of frozen dough bread and analysis on its mechanism. **Journal of Food Science and Technology**, v. 55, n. 1, p. 389-398, 2018.

WANG, X.; ZHANG, T. Optimization on Tartary Buckwheat Enriched Steamed Bread: A Response Surface Methodology Study. **Journal of Food Processing**, v. 2015, 2015.

WARREN, F. J.; GIDLEY, M. J.; FLANAGAN, B. M. Infrared spectroscopy as a tool to characterise starch ordered structure - a joint FTIR-ATR, NMR, XRD and DSC study. **Carbohydrate Polymers**, v. 139, p. 35-42, 2016.

WATANABE, M. Catechins as antioxidants from buckwheat (*Fagopyrum esculentum* Moench) groats. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 46, n. 3, p. 839-845, 1998.

WATANABE, M.; OHSHITA, Y.; TSUSHIDA, T. Antioxidant compounds from buckwheat (*Fagopyrum esculentum* Möench) hulls. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 45, n. 4, p. 1039-1044, 1997.

WEI Y.; HU X.; ZHANG G.; OUYANG S. Studies on the amino acid and mineral content of buckwheat protein fractions. **Food/Nahrung**, v. 47, n. 2, p. 114-116, 2003.

WEI, X.; MA, X.; PENG, X.; YAO, Z.; YANG, F.; DAI, M. Comparative investigation between co-pyrolysis characteristics of protein and carbohydrate by TG-FTIR and Py-GC/MS. **Journal of Analytical and Applied Pyrolysis**, v. 135, p. 209-218, 2018.

WILLIAMS, A.A.; STEVENS, S.P. The use of free-choice profiling for the evaluation of commercial ports. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 35, n. 5, p. 558-568, 1984.

WITCZAK, M.; KORUS, J.; ZIOBRO, R.; JUSZCZAK, L. Waxy starch as dough component and anti-staling agent in gluten-free bread. **LWT - Food Science and Technology**, v. 99, p. 476-482, 2019.

WITCZAK, M.; ZIOBRO, R.; JUSZCZAK, L.; KORUS, J. Starch and starch derivatives in gluten-free systems – A review. **Journal of Cereal Science**, v. 67, p. 46-57, 2016.

WOLTER, A.; HAGER, A. S.; ZANNINI, E.; ARENDT, E. K. In vitro starch digestibility and predicted glycaemic indexes of buckwheat, oat, quinoa, sorghum, teff and commercial gluten-free bread. **Journal of Cereal Science**, v. 58, n. 3, p. 431-436, 2013.

WRONKOWSKA, M.; HAROS, M. Wet-milling of buckwheat with hull and dehulled—The properties of the obtained starch fraction. **Journal of Cereal Science**, v. 60, n. 3, p. 477-483, 2014.

WRONKOWSKA, M.; ZIELIŃSKA, D.; SZAWARA-NOWAK, D.; TROSZYŃSKA, A.; SORAL-ŚMIETANA, M. Antioxidative and reducing capacity, macroelements content and sensorial properties of buckwheat-enhanced gluten-free bread. **International Journal of Food Science & Technology**, v. 45, n. 10, p. 1993-2000, 2010.

XIAO, L.; CHEN, J.; WANG, X.; BAI, R.; CHEN, D.; LIU, J. Structural and physicochemical properties of chemically modified Chinese water chestnut [*Eleocharis dulcis* (Burm. f.) Trin. ex Hensch] starches. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 120, p. 547-556, 2018.

XIAO, Y.; LIU, H.; WEI, T.; SHEN, J.; WANG, M. Differences in physicochemical properties and in vitro digestibility between tartary buckwheat flour and starch modified by heat-moisture treatment. **LWT-Food Science and Technology**, v. 86, p. 285-292, 2017.

XIE, F.; POLLET, E.; HALLEY, P. J.; AVEROUS, L. Starch-based nano-biocomposites. **Progress in Polymer Science**, v. 38, n. 10, p. 1590-1628, 2013.

YANO, H.; FUKUI, A.; KAJIWARA, K.; KOBAYASHI, I.; YOZA, K. I.; SATAKE, A.; VILLENEUVE, M. Development of gluten-free rice bread: Pickering stabilization as a possible batter-swelling mechanism. **LWT-Food Science and Technology**, v. 79, p. 632-639, 2017.

YAZYNINA, E.; JOHANSSON, M.; JÄGERSTAD, M.; JASTREBOVA, J. Low folate content in gluten-free cereal products and their main ingredients. **Food Chemistry**, v. 111, n. 1, p. 236-242, 2008.

YILMAZ, M. T.; YILDIZ, Ö.; YURT, B.; TOKER, O. S.; KARAMAN, S.; BAŞTÜRK, A. A mixture design study to determine interaction effects of wheat, buckwheat, and rice flours in an aqueous model system. **LWT-Food Science and Technology**, v. 61, n. 2, p. 583-589, 2015.

YU, D.; CHEN, J.; MA, J.; SUN, H.; YUAN, Y.; JU, Q.; TENG, Y.; YANG, M.; LI, W.; FUJITA, K.; TATSUMI, E.; LUAN, G. Effects of different milling methods on physicochemical properties of common buckwheat flour. **LWT - Food Science and Technology**, v. 92, p. 220-226, 2018.

ZENEBON, O.; PASCUET, N. S.; TIGLEA, P. **Métodos Físico-Químicos para Análise de Alimentos**. 4. ed. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2008. 1020 p.

ZHANG, J.; DATTA, A. K. Mathematical modeling of bread baking process. **Journal of Food Engineering**, v. 75, n. 1, p. 78-89, 2006.

ZHENG, G. H.; SOSULSKI, F. W.; TYLER, R. T. Wet-milling, composition and functional properties of starch and protein isolated from buckwheat groats. **Food Research International**, v. 30, p. 493-502, 1998.

ZHOU, J.; LI, P.; CHENG, N.; GAO, H.; WANG, B.; WEI, Y.; CAO, W. Protective effects of buckwheat honey on DNA damage induced by hydroxyl radicals. **Food and Chemical Toxicology**, v. 50, n. 8, p. 2766-2773, 2012.

ZHOU, Y. G.; LI, D.; WANG, L. J.; LI, Y.; YANG, B. N.; BHANDARI, B.; CHEN, X. D.; MAO, Z. H. Effect of water content on thermal behaviors of common buckwheat flour and starch. **Journal of Food Engineering**, v. 93, n. 2, p. 242-248, 2009.

ZHOU, Z.; REN, X.; WANG, F.; LI, J.; SI, X.; CAO, R.; YANG, R.; STRAPPE, P.; BLANCHARD, C. High pressure processing manipulated buckwheat antioxidant activity, anti-adipogenic properties and starch digestibility. **Journal of Cereal Science**, v. 66, p. 31-36, 2015.

ZHU, F. Buckwheat starch: Structures, properties, and applications. **Trends in Food Science & Technology**, v. 49, p. 121-135, 2016b.

ZHU, F. Chemical composition and health effects of Tartary buckwheat. **Food Chemistry**, v. 203, p. 231-245, 2016a.

ZHU, F. Impact of ultrasound on structure, physicochemical properties, modifications, and applications of starch. **Trends in Food Science & Technology**, v. 43, n. 1, p. 1-17, 2015.

ZHU, F. Structure, physicochemical properties, and uses of millet starch. **Food Research International**, v. 64, p. 200-211, 2014.

ZIELINSKA, D.; KWIATKOWSKI, J.; ZIELINSKI, H.; SZAWARA-NOWAK, D.; PRZYGODZKA, M.; LAMPARSKI, G.; ZELLER, F. Antioxidant Properties and Flavonoid Composition as Quality Index of the Hulls and Groats from Common, Tartary and an Interspecific Hybrid of Buckwheat. **The European Journal of Plant Science and Biotechnology**, v. 6, n. 2, p. 63-69, 2012.

ZIELIŃSKI, H.; SZAWARA-NOWAK, D.; BĄCZEK, N.; WRONKOWSKA, M. Effect of liquid-state fermentation on the antioxidant and functional properties of raw and roasted buckwheat flours. **Food Chemistry**, v. 271, p. 291-297, 2019.

ZIELIŃSKI, H.; CIESAROVÁ, Z.; KUKUROVÁ, K.; ZIELINSKA, D.; SZAWARA-NOWAK, D.; STAROWICZ, M.; WRONKOWSKA, M. Effect of fermented and unfermented buckwheat flour on functional properties of gluten-free muffins. **Journal of Food Science and Technology**, v. 54, n. 6, p. 1425-1432, 2017.

ZIELIŃSKI, H.; KOZŁOWSKA, H. Antioxidant activity and total phenolics in selected cereal grains and their different morphological fractions. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 48, n. 6, p. 2008-2016, 2000.

ZIOBRO, R.; JUSZCZAK, L.; WITCZAK, M.; KORUS, J. Non-gluten proteins as structure forming agents in gluten free bread. **Journal of Food Science and Technology**, v. 53, n. 1, p. 571-580, 2016.

ŽVIKAS, V.; PUKELEVIČIENĖ, V.; IVANAUSKAS, L.; PUKALSKAS, A.; RAŽUKAS, A.; JAKŠTAS, V. Variety-based research on the phenolic content in the aerial parts of organically and conventionally grown buckwheat. **Food Chemistry**, v. 213, p. 660-667, 2016.

APÊNDICE 1 - PARECER CONSUBSTANCIADO DO COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA (CEP)

UFPR - SETOR DE CIÊNCIAS
DA SAÚDE DA UNIVERSIDADE
FEDERAL DO PARANÁ -



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: CARACTERIZAÇÃO DA FARINHA E AMIDO DE TRIGO SARRACENO (*Fagopyrum esculentum*) E DESENVOLVIMENTO DE PÃO SEM GLÚTEN

Pesquisador: Nina Waszczynskyj

Área Temática:

Versão: 4

CAAE: 68934917.2.0000.0102

Instituição Proponente: Programa de Pós Graduação em Engenharia de Alimentos

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 2.294.264

Apresentação do Projeto:

Projeto de pesquisa vinculado ao Programa de Pós Graduação em Engenharia de Alimentos sob a responsabilidade da Profa. Dra. Nina Waszczynskyj e acadêmica Layse do Prado Cordoba. A pesquisa será desenvolvida no Laboratório de Análise Sensorial, localizado na Usina Piloto B, Laboratório de Tecnologia de Alimentos, no Centro Politécnico da UFPR no período de agosto a dezembro de 2017.

Objetivo da Pesquisa:

Objetivo Geral: Caracterizar a farinha e amido de trigo sarraceno (*Fagopyrum esculentum* Moench) e desenvolver um pão sem glúten.

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Objetivos Específicos:

- Caracterizar por meio de análises físico-químicas, térmicas, reológicas e estruturais o amido e a farinha do trigo sarraceno;
- Desenvolver diferentes formulações de pães sem glúten, com a farinha e amido do trigo sarraceno, por meio do planejamento fatorial;
- Verificar por meio da análise sensorial, a formulação com maior aceitação e intenção de compra pelo consumidor;

Endereço: Rua Padre Camargo, 285 - Térreo
Bairro: Alto da Glória
UF: PR **Município:** CURITIBA
Telefone: (41)3360-7259

CEP: 80.060-240

E-mail: cometica.saude@ufpr.br